

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE: INGENIERÍA CIVIL



Trabajo de Titulación

Tema: Diseño de pistas para Ciclismo Extremo. Caso de estudio: Proyecto
“Wawa bikepark”, en el sector de Lloa.

AUTORES:

Criollo Mendoza Germán Israel

Solano Vinuesa Geovanny Alexander

QUITO DM, MARZO DE 2022

Dedicatoria

A mis padres por su guía, soporte incondicional, y porque me han motivado a superar mis propios límites, y a mi Abuelita Rosa quien desde el cielo espero pueda ver esta meta cumplida.

Germán Israel Criollo Mendoza

En el momento en el que empecé a estudiar ingeniería civil en la PUCE era un sacrificio enorme para mi y para mi familia más allá de el valor monetario del mismo, un reto personal al saber que estudiar con beca deportiva tendría muchas más responsabilidades convirtiendo mi carrera universitaria en un reto físico y mental , quiero dedicar el presente trabajo de titulación a todas las personas que estuvieron conmigo apoyándome , dándome ánimos , teniéndome paciencia, y sobre todo creyendo en mi , las fortalezas de sus palabras y las expectativas que pusieron en mi han logrado que todo esto sea posible dedico mi tesis a toda mi familia la que esta dentro y fuera del país a mis padres , abuelos, hermano, tíos, primos, parientes, pareja y entrenador que con su impulso y ejemplo lograron ayudarme a mantener un norte fijo y saber siempre cual es el objetivo de todo mi esfuerzo .

Una dedicatoria especial para mis amigos de la facultad que sin su apoyo y paciencia nada de esto seria posible a: Israel Criollo, Debbie Ayala, Camila Haro, Sara Tito, Andrés Armijos, Isaac Jaramillo, Sebastián Altamirano, quienes me han sabido aconsejar, enseñar y ayudar en difíciles momentos de la carrera y algunos de la vida.

Geovanny Alexander Solano Vinuesa

Agradecimientos

Agradezco a Dios y a la Virgen que por su gracia han hecho posible este momento. A mis padres y hermanos por siempre creer en mí, gracias por ser incondicionales.

Al Ing. Wilson Cando quien con su experiencia y conocimientos impulsó a culminar con éxito este proyecto.

A los docentes de la Pontificie Universidad Católica del Ecuador, por su dedicación y entrega durante mi formación académica, quienes han hecho grata esta etapa de mi vida; y a mis amigos Geovanny Solano, Debbie Ayala y Sarita Tito porque fueron el complemento ideal de esta etapa retadora.

Germán Israel Criollo Mendoza

En primer lugar, deseo agradecer a Dios y a la Madre Dolorosa por permitirme llegar hasta este punto de mi vida, al haberme dado dos madres maravillosas que han sabido orientarme y guiarme con los valores aprendidos en casa.

Un agradecimiento especial para mi madre Dolores Luna Granizo que, con ejemplo de trabajo, horades, esfuerzo y tesón pudieron sacar adelante a mi familia demostrándome el verdadero amor desinteresado que puede tener una madre sobre un hijo superponiéndose a cualquier adversidad para poder darnos lo mejor, sin ella nada de esto hubiera sido posible me faltará tiempo y vida para agradecerle lo mucho que ha hecho por nosotros.

A mi madre Jenny Lolita Vinueza Luna por su valentía y dedicación al nunca darse por vencida y siempre salir adelante pese a los problemas y circunstancias de la vida nunca renunció para darnos lo mejor a mi y a mi hermano, a mi padre Carlos Eduardo Vicuña Urgiles porque padre no es el que engendra sino el que cría, cuida y guía a sus hijos.

A mis tíos Byron, Alex por siempre creer en mi he impulsarme a ser mejor cada día con su ejemplo de trabajo y nunca darse por vencidos a pesar de cualquier situación que atravesase en mi vida.

A María Paz por tenerme paciencia y apoyarme en estos últimos 3 años de mi carrera siempre creer en mí, ayudarme a crecer como persona superándome todos los días, a mis entrenadores por enseñarme que más allá del físico siempre esta el estudio y tu formación como persona.

Geovanny Alexander Solano Vinueza

Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.	1
1.2. Justificación.....	1
1.3. OBJETIVOS.....	2
1.3.1. General.....	2
1.3.2. Específicos.....	2
1.4. ALCANCE.....	3
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	3
2.1. Bicicleta.....	3
2.1.1. Tipos de bicicletas.	3
2.1.1.1. Bicicleta de Montaña (Mountain Bikes).	3
2.1.1.2. Bicicleta de carretera o ruta.....	3
2.1.1.3. Bicicleta Vintage/ Urbana.	3
2.1.1.4. Cross Bike o BMX.	4
2.1.1.5. Bicicletas infantiles.	4
2.1.2. Modalidades de deportes extremos de pista con bicicleta.	4
2.1.2.1. Modalidad enduro.	4
2.1.2.2. Modalidad Downhill.	4
2.1.2.3. Modalidad Pump track.....	4
2.2. Encuesta.....	5
2.2.1. Tipos y métodos de encuestas.....	5
2.2.1.1. Encuesta personal.....	5
2.2.1.2. Encuesta de autoadministrada.....	5
2.2.1.3. Encuesta telefónica.....	5
2.2.2. Diseño y tamaño de la muestra.....	5
2.2.3. Encuestas De Preferencias.....	6
2.2.3.1. Preferencias Declaradas.....	6
2.2.3.2. Preferencias Reveladas.....	6
2.2.3.3. Teoría de utilidad aleatoria.....	6
2.2.3.4. Modelo logit BINOMIAL.....	6
2.2.3.4.1. Variable cualitativa binaria.....	6
2.2.3.4.2. Variables cuantitativas.....	7
2.2.3.4.3. Parámetros β	7

2.2.3.4.4.	Modelo Logit Binario	7
2.3.	Topografía	10
2.3.1.	Levantamiento topográfico	10
2.4.	Sistema de drenaje	10
2.4.1.	Cunetas.....	10
2.4.1.1.	Intensidad de lluvia	10
2.4.1.2.	Área de drenaje.....	11
2.4.1.3.	Coefficiente de escorrentía	11
2.4.1.4.	Caudal.....	11
2.4.1.5.	Pendiente	11
2.4.2.	Alcantarilla.....	11
2.4.2.1.	Radio hidráulico	11
2.5.	Clasificación de suelos	11
2.6.	Métodos de clasificación de suelos	12
2.6.1.	Sistema AASHTO.....	12
2.6.2.	Sistema SUCS.....	13
2.7.	Estudio CBR.....	14
2.7.1.	Método de ensayo CBR	14
2.8.	Principio de conservación de la cantidad de movimiento.	15
2.9.	Triangulo rectángulo.....	15
2.10.	Media aritmética	16
2.11.	Fuerza de rozamiento.....	16
2.12.	Desplazamiento angular.....	16
2.13.	Torque.....	16
2.14.	Energía.....	16
2.14.1.	Energía potencial.....	17
2.14.2.	Energía cinética	17
2.15.	Trabajo	17
2.16.	Fuerzas no conservativas	17
2.17.	Trabajo no conservativo.....	17
2.18.	Movimiento rectilíneo uniforme	18
2.19.	Teorema del trabajo y la energía.....	18
2.20.	Peralte	18
2.21.	Diagrama de cuerpo libre.....	18

2.22.	AASHTO	18
2.23.	AASHTO 93	19
2.24.	Subrasante	19
2.25.	Sub-Base	19
2.26.	Base.....	19
2.27.	Capa de rodadura	19
2.28.	Mezcla asfáltica	20
2.29.	Mezcla asfáltica en caliente	20
2.30.	Mezcla asfáltica en frío.....	20
2.31.	Pavimento Flexible	20
3.	DESARROLLO DEL TRABAJO.....	21
3.1.	Encuestas	21
3.1.1.	Marco metodológico	21
3.1.1.1.	Investigación descriptiva.....	21
3.1.1.2.	Características de la investigación descriptiva.....	21
3.1.2.	Métodos de investigación descriptiva.....	21
3.1.2.1.	Encuesta de Investigación	21
3.1.2.2.	Medio para recopilar datos.....	21
3.1.3.	Metodología.....	22
3.1.4.	DISEÑO DE LA ENCUESTA	23
3.1.4.1.	Variables consideradas en el modelo	23
3.1.5.	Análisis de resultados	25
3.1.5.1.	Consideraciones preliminares	25
3.1.5.1.1.	LOGIT BINARIO – EQUIPO.....	25
3.1.5.1.2.	LOGIT BINARIO: EQUIPO – ENTRADA	27
3.1.5.1.3.	LOGIT BINARIO: EQUIPO-ENTRADA-TRANSPORTE.....	29
3.1.5.1.4.	LOGIT BINARIO EDAD (≤ 30).....	31
3.1.5.1.5.	LOGIT BINARIO EDAD +30	33
3.1.5.1.6.	LOGIT BINARIO HOMBRES	35
3.1.5.1.7.	LOGIT BINARIO MUJERES.....	37
3.2.	Diseño de la pista.....	39
3.2.1.	Análisis del estudio topográfico.	39
3.2.1.1.	Croquis	40
3.2.1.2.	Zona de implantación	41

3.2.2. Análisis y diseño geométrico y estructural de la pista Pump track del proyecto bike park	41
3.2.2.1. Diseño del drenaje de la pista.....	85
3.2.2.1.1.1. Diseño de alcantarilla de la pista	88
3.2.2.2. Diseño del drenaje de los parqueaderos	94
3.2.2.2.1. Diseño del parqueadero 1	94
3.2.2.2.1.1. Diseño de alcantarilla del parqueadero 1.....	97
3.2.2.2.2. Diseño del parqueadero 2	100
3.2.2.2.2.1. Diseño de alcantarilla del parqueadero 2.....	102
3.2.2.2.2.2. Diseño de alcantarilla de la pista y parqueaderos.....	105
3.2.2.3. Obras complementarias	108
3.2.2.3.1. Parqueadero	108
3.2.2.3.2. Diseño del pavimento de los parqueaderos	108
3.3. Análisis de Costos	109
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	112
4.1. Conclusiones.....	112
4.2. Recomendaciones	114
5. BIBLIOGRAFÍA	115
6. Anexos.....	119

Tabla 1	Clasificación AASHTO del Suelo Braja M. Das.....	12
Tabla 2	Tabla de clasificación de los suelos en base a su símbolo.....	13
Tabla 3	Sistema USCS de Clasificación de suelos	14
Tabla 4	Valores de Z para diferentes niveles de confianza	22
Tabla 5	Variables y niveles Pump Track	23
Tabla 6	Variables y niveles Down Hill.....	23
Tabla 7	Metodología de Kocur	23
Tabla 8	Matriz Ortogonal de Kocur.....	24
Tabla 9	Resultados Biogeme Logit Binario Equipo	26
Tabla 10	Utilidades y Probabilidad de Logit Binario Equipo.....	26
Tabla 11	Resultados Biogeme Logit Binario Equipo-Entrada	27
Tabla 12	Utilidades y Probabilidad de Logit Binario Equipo-Entrada.....	28
Tabla 13	Resultados Biogeme Logit Binario Equipo-Entrada-Transporte.....	30
Tabla 14	Utilidades y Probabilidad de Logit Binario Equipo-Entrada-Transporte	30
Tabla 15	Resultados Biogeme Logit Binario Edad (≤ 30).....	32
Tabla 16	Utilidades y Probabilidad de Logit Binario Edad (≤ 30)	32
Tabla 17	Resultados Biogeme Logit Binario Edad (+30).....	34
Tabla 18	Utilidades y Probabilidad de Logit Binario Edad (+30).....	34
Tabla 19	Resultados Biogeme Logit Binario Hombres	36
Tabla 20	Utilidades y Probabilidad de Logit Binario Hombres	36
Tabla 21	Resultados Biogeme Logit Binario Mujeres.....	37
Tabla 22	Utilidades y Probabilidad de Logit Binario Mujeres	38
Tabla 23	Datos para pruebas.....	48
Tabla 24	Tabla de resultados de pruebas para velocidad y distancia de frenado.....	48
Tabla 25	Tabla de bombeos para definir la ecuación de la línea de bombeos.....	49

Tabla 26 Longitud de la pista incluido arcos de speed bumps, partideros y transiciones	83
Tabla 27 Tabla de intensidad de lluvia con tiempo de retorno	85
Tabla 28 Caudales punta por el método racional en zonas urbanas y periurbanas.....	86
Tabla 29 Espesores mínimos según AASHTO 93 en base al ESAL´s	109
Tabla 30 Análisis de costo pista Pump Track para el proyecto “Wawa Bike Park” Opción 1	110
Tabla 31 Análisis de costo pista Pump Track para el proyecto “Wawa Bike Park” Opción 2	110
Tabla 32 Análisis de costo parqueadero para el proyecto “Wawa Bike Park” Opción 1	111
Tabla 33 Análisis de costo parqueadero para el proyecto “Wawa Bike Park” Opción 1	111

Ilustración 1. Escenario 1, encuesta PD	24
Ilustración 2. Probabilidad de aceptación promedio del Logit Binario Equipo	26
Ilustración 3. Probabilidad de aceptación por escenario del Logit Binario Equipo	27
Ilustración 4 Probabilidad de aceptación promedio del Logit Binario Equipo-Entrada	28
Ilustración 5 Probabilidad de aceptación por escenario del Logit Binario Equipo-Entrada	29
Ilustración 6. Probabilidad de aceptación promedio del Logit Binario Equipo-Entrada- Transporte.....	30
Ilustración 7. Probabilidad de aceptación por escenario del Logit Binario Equipo- Entrada-Transporte	31
Ilustración 8. Probabilidad de aceptación promedio del Logit Binario Edad (≤ 30).....	32
Ilustración 9. Probabilidad de aceptación por escenario del Logit Binario Edad (≤ 30)	33
Ilustración 10. Probabilidad de aceptación promedio del Logit Binario Edad (+30) ...	34
Ilustración 11. Probabilidad de aceptación por escenario del Logit Binario Edad (+30)	35
Ilustración 12. Probabilidad de aceptación promedio del Logit Binario Hombres	36
Ilustración 13 Probabilidad de aceptación por escenario del Logit Binario Hombres.	37
Ilustración 14 Probabilidad de aceptación promedio del Logit Binario Mujeres	38
Ilustración 15. Probabilidad de aceptación por escenario del Logit Binario Mujeres ..	39
Ilustración 16 Ubicación del GPS 1 en foto satelital de Google maps	40
Ilustración 17 Ubicación del GPS 2 en foto satelital de Google maps	40
Ilustración 18 Implantación de la pista y localización de GPS 1 y GPS 2 en el levantamiento topográfico	41
Ilustración 19. Calle Quito lugar donde se realizó las pruebas y toma de datos.....	46

Ilustración 20. Distancias en como se dividió la calle Quito para tomar mediciones de campo	47
Ilustración 21. Ecuación de la recta de bombeos vs distancia	51
Ilustración 22. Triangulo rectángulo speed bump 400 y 50.....	53
Ilustración 23. Triangulo rectángulo speed bump 400 y 45	53
Ilustración 24. Triangulo rectángulo speed bump 400 y 40.....	53
Ilustración 25. Triangulo rectángulo formado con el doble del ángulo obtenido para speed bump de 400 y 40	54
Ilustración 26. Triangulo rectángulo formado con el doble del ángulo obtenido para speed bump de 400 y 50	55
Ilustración 27. Triangulo rectángulo formado con el doble del ángulo obtenido para speed bump de 400 y 45	56
Ilustración 28. Triángulos rectángulos base para iteración.....	56
Ilustración 29. Triangulo rectángulo para altura intermedia de 35cm y $\emptyset 1$ para un speed bump de 400 y 50	59
Ilustración 30. Triangulo rectángulo para altura intermedia de 30cm y $\emptyset 2$ para un speed bump de 400 y 45	59
Ilustración 31. Triangulo rectángulo para altura intermedia de 28cm y $\emptyset 3$ para un speed bump de 400 y 40	60
Ilustración 32. Speed bump completo con base de 400cm y altura de 50cm, altura intermedia 35cm y $\emptyset 1$	61
Ilustración 33. Speed bump completo con base de 400cm y altura de 45cm, altura intermedia 30cm y $\emptyset 2$	61
Ilustración 34. Speed bump continuo para reducir la base de 2 speed bumps seguidos	62

Ilustración 35. Speed bump completo con base de 400cm y altura de 40cm, altura intermedia 28cm y $\emptyset 3$	62
Ilustración 36. Angulo necesario para poder calcular peralte	64
Ilustración 37. Diagrama de cuerpo libre de fuerzas en ejes locales que actúan sobre el cuerpo en la curva.....	65
Ilustración 38. Diagrama de cuerpo libre de fuerzas en ejes globales que actúan sobre el cuerpo en la curva.....	65
Ilustración 39. Formación de triangulo isósceles a partir de un ángulo de 50° y el valor de un lado del triangulo	69
Ilustración 40. Formación de la curvatura a base de un triángulo isósceles	70
Ilustración 41. Ancho de la rueda de una bicicleta de 27"	70
Ilustración 42. Análisis de velocidades en nivel bajo, intermedio y alto de la curva ...	71
Ilustración 43. Curva de transiciones de pista a pista	73
Ilustración 44. Vista frontal de la transición	75
Ilustración 45. Curva dividida en ángulos para poder realizar la transición.....	76
Ilustración 46. Sector circular de la curva con el cual realizamos el diseño de la transición y caída del speed bump.....	76
Ilustración 47. Ángulos y distancia en vertical en la cual debe terminar el speed bump en la parte intermedia y parte superior	77
Ilustración 48. <i>Definición de las alturas de los speed bumps para la transición</i>	77
Ilustración 49. Speed bump para la transición en la parte inferior.....	78
Ilustración 50. Speed bump para la transición en la parte intermedia.....	78
Ilustración 51. Speed bump para la transición en la parte superior.....	79
Ilustración 52. Ejemplo de transición en curva Recuperado de: Pumptrackpista.....	79
Ilustración 53. Ejemplo de transición de curva Recuperado de: Red Bull.....	80

Ilustración 54. Vista lateral del partidero	80
Ilustración 55. Vista en planta del partidero	81
Ilustración 56. Vista lateral del speed bump del partidero	82
Ilustración 57. Geometría de la pista de pump track incluidos los speed bumps y curvas	82
Ilustración 58. Área del tramo geométrico de la pista utilizando AutoCad	86
Ilustración 59. Tubería de PVC circular al 70% de su capacidad para un caudal de 0.00647 m ³ /seg.....	88
Ilustración 60. Tubería de PVC circular al 70% de su capacidad para un caudal de 0.01294 m ³ /seg.....	92
Ilustración 61. Área de la zona del parqueadero 1 utilizando AutoCad.....	95
Ilustración 62. Tubería de PVC circular al 70% de su capacidad para un caudal de 0.028027 m ³ /seg.....	97
Ilustración 63. Área de la zona del parqueadero 1 utilizando AutoCad.....	100
Ilustración 64. Tubería de PVC circular al 70% de su capacidad para un caudal de 0.026554 m ³ /seg.....	102
Ilustración 65. Tubería de PVC circular al 70% de su capacidad para un caudal de 0.067521 m ³ /seg.....	105

Resumen

El ciclismo como deporte a través de los últimos años ha tenido una gran acogida por la población por lo cual los mismos desean practicarlo de manera mas regular y debido a las necesidades de la población se decide realizar el diseño de una pista de Pump Track el cual consiste en solo realizar la técnica de bombeo para poder completar el circuito completo , la necesidad de realización de esta pista se pudo evidenciar cuando el 57.59% de las personas prefirieron este tipo de deporte en base a variables y comparación con el Down Hill/Enduro por lo cual al evidenciar la necesidad de la población se procedió al diseño.

Al realizar el diseño se garantiza mediante fórmulas físicas que el ciclista podrá completar dicho circuito ya que la energía introducida mediante la técnica de bombeo para el diseño geométrico de nuestra pista será de 5768.7998 Newtons y la pista para ser completada necesita de 4432.2615 Newtons por lo cual se puede decir que se logrará completar el circuito con la técnica de bombeo para el deporte de Pump Track de manera satisfactoria

Para el diseño de las alcantarillas y el sistema de drenaje basado en cálculos con datos del INHAMI sobre escorrentía e intensidad de lluvia con las áreas de las cuales analizamos se concluyo que se realizaran cunetas triangulares de 10 cm de base y 10 cm de altura con una pendiente del 5% para las pistas de Pump Track y para los parqueaderos con base de 20cm y altura de 20 cm con una pendiente del 3% con lo cual nosotros garantizamos que para la intensidad de lluvia mas desfavorable con un tiempo de retorno de 25 años nuestro diseño resistirá satisfactoriamente con un rango de seguridad

Al final de realizar todos nuestros diseños se procede a realizar una comparación de costos de que tan caro seria realizar una estructura de pavimento para la pista de bicicletas vs realizarla solo con una capa de sub base con un terminado de impermeabilizante y de igual manera se realiza con los parqueaderos ya que para dicha zona no se necesitaría una estructura de pavimento tan voluminosa debido al bajo transito diario que tendría dicha pista de esta manera nosotros otorgamos 2 opciones entre las cuales se podrá evidenciar la diferencia de precios para cada una de estas.

Abstract

Cycling as a sport in recent years has been very well received by the population, which is why they want to practice it more regularly and due to the needs of the population, it was decided to design a Pump Track track which It consists of only performing the pumping technique to be able to complete the complete circuit, the need to carry out this track could be evidenced when 57.59% of the people preferred this type of sport based on variables and compared to Down Hill/Enduro for which when evidencing the need of the population proceeded to the design.

When making the design, it is guaranteed through physical formulas that the cyclist will be able to complete said circuit since the energy used by means of the pumping technique for the geometric design of our track will be 5768.7998 Newtons and the track to be completed needs 4432.2615 Newtons for which It can be said that it will be possible to complete the circuit with the pumping technique for the sport of Pump Track in a satisfactory manner.

For the design of the sewers and the drainage system based on calculations with INAMHI data on runoff and rainfall intensity with the areas from which we analyzed, it was concluded that triangular gutters with a base of 10 cm and a height of 10 cm were made with a slope of 5% for the Pump Track tracks and for the parking lots with a base of 20cm and a height of 20cm with a slope of 3% with which we guarantee that for the most unfavorable rainfall intensity with a return time of 25 years our design will resist satisfactorily with a safety range At the end of making all our designs, we proceed to make a cost comparison of how expensive it would be to make a pavement structure for the bicycle track vs. making it only with a sub-base layer with a waterproofing finish and in the same way it is carried out with the parking lots since for said area such a voluminous pavement structure would not be needed due to the low daily traffic that said track has, in this way we grant 2 options between which the price difference for each of these can be evidenced.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema.

El proyecto busca diseñar una pista de ciclismo extremo que permita a los usuarios y/o deportistas movilizarse mediante el sistema Pump track, mismo que consiste en el impulso mediante el bombeo de la parte superior e inferior del cuerpo sin necesidad de pedalear, convirtiéndose en un sistema pionero en Ecuador que además podría ser un atractivo adicional para el turismo del sector.

1.2. Justificación

Considerando los daños de la salud y los altos niveles de estrés provocados por la rutina del día a día, y la aparición de las medidas de restricción y confinamiento generadas para controlar la pandemia del, ha permitido reflexionar sobre la importancia de realizar actividad física en espacios abiertos, pues está demostrado científicamente que es la manera más sencilla de prevenir patologías y mejorar la salud.

Existen varios tipos de pistas y de modalidades de deportes derivados del ciclismo, como son las pistas de BMX que es un deporte de competencia en una pista de obstáculos, Enduro que trata de subir y bajar pendientes a grandes velocidades y downhill que trata el descenso de pendientes en montaña. Ya hace varios años se ha implantado el método pump track que ya ha llegado a tener competencias mundiales organizadas por Velosolutions y Red Bull, quienes impulsaron esta modalidad ubicándola como sub-deporte del ciclismo en la Unión de ciclistas internacionales a partir del 2019, como pasó a ser reconocido mundialmente ahora se está buscando incluirlo en los juegos olímpicos encontrándose en el proceso de acreditación. (Velosolutions, 2021)

A nivel regional la pista de pump track ha dado resultados valiosos en cuanto a mejorar el nivel físico y de salud de las personas, el proyecto “Wawa bikepark” que vamos a realizar sería la sexta pista en Sudamérica, siendo la última construida en el vecino país de Colombia en el año 2018 con lo cual podemos evidenciar que los países vecinos apuestan por este tipo de pistas como una solución innovadora con vistas a futuros deportistas olímpicos y mejorar la actividad física de las personas. (INSTITUTO DE DEPORTES Y RECREACIÓN DE MEDELLIN, 2020)

A nivel nacional seremos los primeros en implementar este tipo de pista conocido como Pump track, al ser pioneros de este tipo de pistas y en base a los resultados obtenidos por países vecinos en la región podemos augurar que esta tendrá un resultado satisfactorio, ayudando así a mejorar la salud física y mental de las personas y proyectando a deportistas de esta disciplina para que logren llegar a programas olímpicos.

Para ello se propone el desarrollo de una pista de Pump track que ofrece al público en general una alternativa deportiva novedosa y segura, rodeada de naturaleza, que nos permita realizar actividad física, la misma que es un antidepresivo natural, ya que genera altos niveles de dopamina durante la práctica, adicional a esto el método Pump track al mantener la energía que permite fluir de mejor manera en la pista, genera aún más dopamina al deportista, que en términos generales se traduce como felicidad, además este proyecto busca impulsar la actividad económica y turística del sector de Lloa.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. General

Diseñar las pistas para Ciclismo Extremo para el Proyecto “Wawa bikepark”, en el sector de Lloa.

1.3.2. Específicos

- Medir el nivel de aceptación del proyecto “Wawa bikepark” mediante encuestas a personas vinculadas a ciclismo en la ciudad de Quito, con el método de encuestas de preferencias declaradas analizadas en el programa biogeme.
- Realizar el diseño geométrico del circuito en el cual se implementará el sistema Pump track y garantizar el recorrido del circuito sin ningún tipo de aceleración externa más que el peso propio de la persona, la bicicleta y la técnica de bombeo.
- Seleccionar una mezcla asfáltica para la pista del proyecto “Wawa bikepark” que garantice las condiciones del método Pump track.
- Realizar el análisis de costos para la implementación del proyecto bike park bajo la modalidad de Pump track en el sector de Lloa.

1.4. ALCANCE

El alcance de este trabajo de titulación es diseñar las pistas para Ciclismo Extremo. Caso de estudio: Proyecto “Wawa bikepark”, en el sector de Lloa, mediante la aplicación de encuestas de preferencia declaradas, el diseño geométrico de la pista, el diseño de pavimentos para parqueaderos y el análisis de costos.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Bicicleta.

Es un vehículo no motorizado de dos ruedas impulsado por una persona.

2.1.1. Tipos de bicicletas.

2.1.1.1. Bicicleta de Montaña (Mountain Bikes).

Desde hace 30 años es una de las más populares. Se diseñó para soportar los rudos senderos por las que exploran los aventureros. Su cuadro es robusto y hay modelos que se fabrican en acero. Por tener ruedas anchas es una bicicleta más estable que las de carretera, pero más pesadas. Las rodadas en las que se fabrican son la 26" ,27.5" y 29". (Mitsubishi Motors, 2017)

2.1.1.2. Bicicleta de carretera o ruta.

Las preferidas para aquellos que se dedican al ciclismo. En sus inicios se fabricaban de acero, en la actualidad el material que usan es aluminio y fibra de carbono. Es ideal para recorridos largos y obtener velocidad en pavimento. (Mitsubishi Motors, 2017)

2.1.1.3. Bicicleta Vintage/ Urbana.

La Cruiser, vintage o playera es un tipo de bicicleta que existió hace 70 años, pero regresó con la moda de lo retro. Robustas, con gruesas ruedas, portaequipajes, faros, asiento ancho y un diseño antiguo. Funcionan para ir de paseo: en el campo, la playa o parques nacionales. Regularmente solo tiene una velocidad. (Mitsubishi Motors, 2017)

2.1.1.4. Cross Bike o BMX.

Apareció a finales de la década de los ochenta en el siglo XX, es mejor conocida como la bicicleta para acrobacias. Sus ruedas regularmente son de 20" con un cuadro pequeño. La función principal del vehículo es el estilo libre: competencias de alta velocidad y saltos, acrobacias en el aire. Usualmente no tienen cambio de velocidades. (Mitsubishi Motors, 2017)

2.1.1.5. Bicicletas infantiles.

Con frecuencia este tipo de bicicletas tienen diseños muy parecidos a las de montaña, ruta, o las híbridas. Sin embargo, son más pequeñas, son conocidas como rodada 10" y 14", las infantiles; 16" y 20", como las juveniles. En ellas pueden aprender a conducir una bicicleta niños de entre los 3 a los 12 años, y regularmente son vehículos pesados porque sus cuadros están elaborados con acero. (Mitsubishi Motors, 2017)

2.1.2. Modalidades de deportes extremos de pista con bicicleta.

2.1.2.1. Modalidad enduro.

El enduro es una disciplina competitiva que combina la exigencia técnica del downhill con la resistencia del trail. Es decir, que son bicicletas pensadas para subir y bajar, pero, sobre todo, para divertirse. Las bicicletas de enduro son un paso intermedio entre las mountain bike de trail y las de cross country. (El blog de Tuvalum, 2015)

2.1.2.2. Modalidad Downhill.

El Downhill es básicamente un tipo de ciclismo que se especializa únicamente en el descenso en bici de montaña para lo cual se usa Bicicleta con doble suspensión y un recorrido superior a los 200 mm. (quieroserdeportista, 2021)

2.1.2.3. Modalidad Pump track

"Pump track" proviene del movimiento de bombeo utilizado por la parte superior e inferior del cuerpo del ciclista mientras recorren la pista. La idea de una pista de bombeo es utilizar este movimiento de bombeo para mantener la velocidad en la pista sin pedalear. (Staff, 2009)

2.2. Encuesta

La encuesta es un estudio a un determinado grupo de personas, que mediante entrevistas recolecta datos a través de la aplicación de un cuestionario estandarizado para obtener información específica, respuestas de variables de hechos, de opiniones y de actitudes personales con base en el requerimiento de la investigación. (García Martínez, 2017)

2.2.1. Tipos y métodos de encuestas

2.2.1.1. Encuesta personal

Consiste en llenar un formulario cara a cara entre el entrevistado y el investigador, se puede aplicar entregando el cuestionario para que el entrevistado lo llene solo, o que el investigador realice las preguntas y llene el cuestionario con las respuestas proporcionadas por el entrevistado. Este tipo de encuestas permite realizar preguntas más complejas debido a que tiene el acompañamiento directo del entrevistador. (Sánchez Herrera, 2009)

2.2.1.2. Encuesta de autoadministrada

En este tipo de encuestas el investigador entrega el cuestionario al entrevistado, este último se encarga de leer y responder las preguntas sin la intervención del investigador. (Bush, Hair, & Ortinau, 2010)

2.2.1.3. Encuesta telefónica

Las entrevistas telefónicas consisten en que el investigador llama al teléfono personal, del domicilio u oficina y aplica el cuestionario mientras lee las preguntas en un computador, y registra las respuestas entregadas por el entrevistado. (Bush, Hair, & Ortinau, 2010)

2.2.2. Diseño y tamaño de la muestra

Consiste en delimitar la población objetivo, identificar a los posibles encuestados, fijar los procedimientos de selección de la muestra y determinar el tamaño conveniente con base en los objetivos de la investigación, es una etapa muy importante de la investigación ya que el tamaño de la muestra incide en la calidad de los datos recopilados. (Bush, Hair, & Ortinau, 2010)

2.2.3. Encuestas De Preferencias

2.2.3.1. Preferencias Declaradas

Se denominan preferencias declaradas al conjunto de datos entregados por individuos que son parte del grupo de interés, en respuesta a cómo actuarían ante situaciones hipotéticas creadas por el investigador. (Ortúzar, 2012)

2.2.3.2. Preferencias Reveladas

Se denominan preferencias reveladas a las respuestas totalmente autónomas que permiten alcanzar estimaciones de los datos con base las elecciones realizadas por los entrevistados. (Ortúzar, 2012)

2.2.3.3. Teoría de utilidad aleatoria

La teoría de utilidad aleatoria nos permite obtener la máxima utilidad de elección de un grupo específico de individuos entre un conjunto de opciones (Pump track y Down Hill / Enduro). Si nos enfocamos en un individuo i que debe elegir entre practicar Pump track o Down Hill / Enduro el individuo tomara la alternativa que el considere más útil para el en función de las variables (costo de entrada o costo del equipo) que se consideren para la elección, sin embargo hay que considerar que el individuo, al ser un ser humano, para tomar una elección puede considerar otras variables desconocidas por el analista o incluso para el mismo individuo por lo cual la teoría de utilidad aleatoria nos permite modelar funciones de utilidad que consideran estas variables desconocidas a través de funciones de utilidad según el modelo (Logit Binario, Logit Multinomial, Probit) que permita al analista obtener los resultados que en lo posible se apeguen a la realidad en función de la información disponible. (máxima verosimilitud). (Núñez & Ávila, 2021)

2.2.3.4. Modelo Logit BINOMIAL

2.2.3.4.1. Variable cualitativa binaria

Este tipo de variable solo contempla dos categorías como por ejemplo si se tiene o no la disponibilidad de un transporte para llegar a un destino (si o no). La variable no presenta

cantidad ya que es cualitativa, para que Biogeme pueda entender este tipo de variable se las traslada a variables tipo dummy las cuales pueden tomar el valor de 0 o de 1.

2.2.3.4.2. Variables cuantitativas

Las variables cuantitativas son todas aquellas que tienen un valor en específico como el costo de la entrada para ingresar a una pista de Pump track o el costo del equipo necesario para practicar un deporte en específico, generalmente este tipo de variables toman el mismo valor del costo para cargarlas en la base de datos, dependiendo del modelo a emplearse para el análisis de las utilidades.

2.2.3.4.3. Parámetros β

Los parámetros β son los efectos marginales de un cambio que puede ocurrir en una de las variables X sobre la probabilidad de éxito de cada individuo.

$$V = \beta_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k$$

Para entender mejor el concepto si queremos obtener X_2 es la derivada de V_i respecto a X_2 o visto de otra manera es en cuanto cambiaría la probabilidad de éxito en el caso de que X_2 cambie en una unidad.

Supongamos que X_2 representa a la variable costo de equipo y V representa la probabilidad de practicar Pump track en función del costo del equipo en este caso β_2 me indicaría en cuanto aumenta la probabilidad de practicar Pump track por cada incremento del costo del equipo.

$$\beta_j = \frac{\partial V_j}{\partial X_j}$$

2.2.3.4.4. Modelo Logit Binario

El modelo Logit binario lo implementamos cuando queremos conocer la probabilidad de aceptación o elección entre un conjunto de dos alternativas.

Se desea practicar un deporte extremo y las opciones son Pump track y Down Hill, para elegir que deporte va a practicar el individuo i hace uso de una moneda, si cae cara practicará Pump track caso contrario practicará Down Hill. No se debe confundir a este modelo con un modelo de probabilidad lineal en el que para tomar una decisión solo se requiere de una variable y esta variable no depende de otras, tampoco se considera la posibilidad de errores que pueden ocurrir para que se dé la elección ($V_i = \beta_i X_i$). Visto de otra manera para poder determinar la probabilidad de que se elija Pump track, requerimos de una variable observable tipo dummy que es el lanzamiento de la moneda ya que al lanzarla solo pueden existir dos opciones o cae cara o cae sello. En la práctica sabemos que al lanzar una moneda también existiría la probabilidad de que esta caiga parada lo cual sería considerado como un error, pero un modelo de probabilidad lineal no podría considerar de manera adecuada este posible suceso considerado como error.

Cuando nos encontramos en una situación en la que la probabilidad de elección depende de más de una variable y a su vez estas variables pueden depender de otras y a su vez se desean incluir los posibles errores o variables no observables es cuando el modelo Logit Binario es de gran utilidad ya que este considera la teoría de máxima verosimilitud. La función de utilidad para el modelo Logit binario sería:

$$V_i = \beta + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_i X_i + \varepsilon$$

De donde

V_i = la elección con la mayor utilidad

β_i = son los efectos marginales

X_1 = variables observables o deterministas de la función de la utilidad como los costos.

ε = representa la parte no observable sean estas variables no observables u errores.

Al ser un modelo binario solo disponemos de dos posibles funciones de utilidad ya que este modelo se lo emplea para determinar la probabilidad de elección entre dos

alternativas considerando variables continuas (no observables) y también la posibilidad de error. (Ortuzar & Willusmen, 2008)

$$V_1 = \beta + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_i X_i + \varepsilon$$

$$V_2 = \beta + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_i X_i + \varepsilon$$

El objetivo de este modelo es estimar los valores de β_i . En la actualidad existen programas que calculan los β_i empleando teoría de máxima verosimilitud como lo es BIOGEME.

Para poder obtener la probabilidad en porcentaje el modelo logit binario emplea la siguiente función logística:

$$Pr(Y_i = 1|X_i) = \frac{e^{X_i\beta}}{1 + e^{X_i\beta}}$$

$$P_1 = \frac{e^{X_1\beta_1}}{e^{X_1\beta_1} + e^{X_2\beta_2}}$$

$$P_2 = \frac{e^{X_2\beta_2}}{e^{X_1\beta_1} + e^{X_2\beta_2}}$$

O expresado de otra manera

$$P_1 = \frac{e^{V_1}}{e^{V_1} + e^{V_2}}$$

$$P_2 = \frac{e^{V_2}}{e^{V_1} + e^{V_2}}$$

2.3. Topografía

La topografía se define como la ciencia aplicada que determina la ubicación relativa de puntos de referencia de un espacio o elemento sobre la tierra, en un plano que representa una parte de la superficie terrestre. Abarca un conjunto de métodos que permite recopilar información de las partes físicas de la tierra, entre los cuales podemos nombrar: relieves, cauces, litorales, edificaciones, caminos entre otros que permitan detallar el terreno de una determinada sección, región o lugar. (Berardo, 2017)

2.3.1. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico es un conjunto de operaciones que tienen como fin establecer la ubicación de los puntos de interés en el espacio físico determinado para su representación en un plano, debe considerar la selección del método de levantamiento, el equipo que se va a utilizar, los puntos de interés que se pueden usar como referencia, además se debe incluir la planificación de la realización de mediciones en terreno, el cálculo, procesamiento de datos y la presentación del plano final. (Berardo, 2017)

2.4. Sistema de drenaje

Un sistema de drenaje es el conjunto de obras estructurales como: cunetas, sumideros, colectores y conexiones que tienen la función de interceptar y conducir el agua de origen pluvial a un lugar previsto con anterioridad, con la finalidad de que esta no cause daños en las estructuras previstas. (Ruiz, 2008)

2.4.1. Cunetas

Las cunetas son estructuras con dos funciones principales, la primera interceptar la escorrentía superficial o de origen pluvial de las zonas a proteger como estructuras, taludes o rellenos, y la segunda transportarlos hacia los depósitos previstos para gestionarlos de manera correcta. (Berardo, 2017)

2.4.1.1. Intensidad de lluvia

La intensidad de la lluvia i es la tasa promedio de unidades de distancia por unidades de tiempo, es decir milímetros por segundo medidos en una zona específica, se define con base en la duración de la lluvia y el período de retorno. (CHOW, 1993)

2.4.1.2. Área de drenaje

Se considera área de drenaje a la zona que se ha previsto en trabajos topográficos de campo o los datos planimétricos en mapas topográficos, en la cual se distingue la dirección del flujo de agua y los espacios que contribuyen a cada punto. (CHOW, 1993)

2.4.1.3. Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía es el factor de correlación por el que se debe multiplicar las intensidades de lluvia correspondientes a cada recurrencia, con el fin de conocer los derrames máximos por unidad de área para cada periodo considerado, este factor no es constante, depende del material de la zona. (Berardo, 2017)

2.4.1.4. Caudal

El caudal es el volumen de un fluido que atraviesa por una sección o superficie determinada por una unidad de tiempo, generalmente se mide en m³/seg. (Cromer, 2006)

2.4.1.5. Pendiente

Se llama pendiente a la medida de la inclinación de una recta desde de un punto definido hacia otro. (Miller, Heeren, & Hornsby, 2005)

2.4.2. Alcantarilla

Se conoce como alcantarilla al sumidero o acueducto subterráneo que tiene como fin recolectar el agua residual o lluvia para direccionarla a través de un sistema de conductos. (RAE, 2020)

2.4.2.1. Radio hidráulico

El radio hidráulico es el cociente entre el área de la sección transversal mojada recta de un canal o tubería sobre el perímetro mojado del mismo. (Giles, Evett, & Liu, 1994)

2.5. Clasificación de suelos

La clasificación de suelos es una de las partes más vitales de un proyecto ya que en esta clasificación se evidencia que tipo de suelo es en el que vamos a trabajar, ya que como se sabe existen diferentes tipos de propiedades las cuales alteran al suelo convirtiéndolo en uno diferente entre estas propiedades están: físicas, mineralógicas, tamaño o distribución de

la partícula, color, forma de partículas, dilatancia, tenacidad, plasticidad, granulometría, contenido orgánico entre otras. (Angelone, 2007)

2.6. Métodos de clasificación de suelos

Existen 2 técnicas definidas para clasificar los suelos entre ellas está la técnica de la AASHTO y la SUCS

2.6.1. Sistema AASHTO

En el sistema AASHTO, los suelos pueden clasificarse según ocho grupos principales A-1 a A-8, en base a su distribución granulométrica, límite líquido e índice de plasticidad

Los suelos A-1, A-2 y A-3 son materiales de gran tamaño de partícula gruesa mientras los del grupo A-4, A-5, A-6 y A-7 son de menor tamaño de partícula fino mientras que el grupo A-8 incluye suelos orgánicos como son turbas, compostas orgánicas entre otros (Holtz, Kovacs, & Sheahan, An Introduction to Geotechnical Engineering)

Este sistema se basa en el análisis de tamices en los cuales el porcentaje que pasa cada número de tamiz y cuál es el porcentaje de estos que se retienen con esto podemos llegar a una clasificación eficiente del suelo

Tabla 1
Clasificación AASHTO del Suelo Braja M. Das

Clasificación general	Material Granular (35% o menos del total pasa No.200)						
	A -1		A -3	A -2			
	A -1 - a	A -1 - b		A -2 -4	A -2 -5	A -2 -6	A -2 -7
Análisis de tamices (porcentaje que pasa)							
No. 10	50 max.						
No. 40	30 max.	50 máx.	51 min.				
No. 200	15 max.	25 max.	10 max.	35 max.	35 max.	35 max.	35 max.
Características de la fracción que pasa No.40							
Límite líquido				40 max.	41 min.	40 max.	41 min.
Índice de plasticidad	6 max.		NP	10 max.	10 max.	11 min.	11 min.
Tipos usuales de materiales que consta	Fragmentos pétreos, grava, y arena		Arena fina	Limos o gravas arcillosas y arena			
Valoración general del subgrupo	Excelente a bueno						

Fuente: Principles of Geotechnical Engineering (Braja M. Das, 1998).

2.6.2. Sistema SUCS

El Sistema Unificado de clasificación de suelos o SUCS es un sistema utilizado en la ingeniería para describir el tamaño de las partículas y su textura, para poder realizar este tipo de clasificación del suelo se necesita realizar una granulometría mediante tamizado

Para poder realizar este ensayo debemos comprender que el sistema SUCS trabaja con un código de letras en los cuales la primera letra define si el tipo de suelo es una grava, arena, limo, arcilla u orgánico mientras que la segunda letra define el tipo de graduación y su plasticidad como pobremente graduado, bien gradado, alta plasticidad y baja plasticidad estas están definidas por letras como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2

Tabla de clasificación de los suelos en base a su símbolo

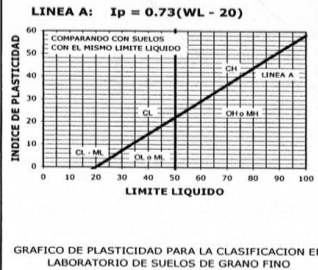
Símbolo	Definición
G	Grava
S	Arena
M	Limo
C	Arcilla
O	Orgánico
P	Pobremente gradada
W	Bien gradada
H	Alta plasticidad
L	Baja plasticidad

Nota. En la tabla antes expuesta se evidencia la simbología de la clasificación SUCS utilizada para clasificar los diferentes tipos de suelos ya sea agregado grueso o fino entre otros

Después de entender cómo funciona el sistema SUCS nosotros debemos entrar con los datos de la granulometría en una tabla la cual nos otorgara que tipo de material estamos teniendo en el caso de suelos finos nosotros debemos introducirnos en la tabla de plasticidad la cual nos da qué tipo de suelo tenemos en base al límite líquido del mismo

Tabla 3
Sistema SUCS de Clasificación de suelos

IDENTIFICACION EN EL CAMPO		SIMBOLO DEL GRUPO	NOMBRES TIPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACION EN EL LABORATORIO		
SUELOS DE GRANO GRUESO - MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA POR EL TAMIZ # 200	GRAVAS - MAS DE LA MITAD DE LA FRACCION GRUESA PASA RETENIDA POR EL TAMIZ # 4	GW	GRAVA BIEN GRADUADA, MEZCLA DE GRAVA Y ARENA CON POCOS FINOS O SIN ELLOS	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ HAYOR DE 4 ; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ ENTRE 1 Y 3 NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS GRANULOMETRICOS DE LAS GW LIMITES DE ATTERBERG POR DEBAJO DE LA LINEA "A" O I_p MENOR QUE 4 LIMITES DE ATTERBERG POR ENCIMA DE LA LINEA "A" O I_p MAYOR QUE 7	POR ENCIMA DE LA LINEA "A", CON I_p ENTRE 4 Y 7, CASOS LIMITE QUE REQUIEREN EL USO DE SIMBOLOS DOBLES	
	PREDOMINIO DE UN TAMAÑO O UN TIPO DE TAMAÑO, CON AUSENCIA DE ALGUNOS TAMAÑOS INTERMEDIOS	GP	GRAVAS MAL GRADUADAS, MEZCLAS DE ARENA Y GRAVA CON POCOS FINOS O SIN ELLOS			
	FRACCION FINA NO PLASTICA (PARA LA IDENTIFICACION VER EL GRUPO ML MAS ABAJO)	GM	GRAVAS LIMOSAS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE GRAVA, ARENA Y LIMO			
	FINOS PLASTICOS (PARA IDENTIFICARLOS VER EL GRUPO CL MAS ABAJO)	GC	GRAVAS ARCILLOSAS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE GRAVA, ARENA Y ARCILLA			
SUELOS DE GRANO FINO - MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA POR EL TAMIZ # 200	ARENAS - MAS DE LA MITAD DE LA FRACCION GRUESA PASA POR EL TAMIZ # 4	SW	ARENAS BIEN GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA, CON POCOS FINOS O SIN ELLOS	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ HAYOR DE 6 ; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ ENTRE 1 Y 3 NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS GRANULOMETRICOS DE LAS SW LIMITES DE ATTERBERG POR DEBAJO DE LA LINEA "A" O I_p MENOR QUE 4 LIMITES DE ATTERBERG POR ENCIMA DE LA LINEA "A" O I_p MAYOR QUE 7	POR ENCIMA DE LA LINEA "A", CON I_p ENTRE 4 Y 7, CASOS LIMITE QUE REQUIEREN EL USO DE SIMBOLOS DOBLES	
	ARENAS CON FINO (CON POCOS FINOS O SIN ELLOS)	SP	ARENAS MAL GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA, CON POCOS FINOS O SIN ELLOS			
	FINOS NO PLASTICOS (PARA IDENTIFICACION VER EL GRUPO ML MAS ABAJO)	SM	ARENAS LIMOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y LIMO MAL GRADUADAS			
	FINOS PLASTICOS (PARA IDENTIFICACION VER EL GRUPO CL MAS ABAJO)	SC	ARENAS ARCILLOSAS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE ARENAS O ARCILLAS			
METODOS DE IDENTIFICACION PARA LA FRACCION QUE PASA POR EL TAMIZ # 40						
SUELOS DE GRANO FINO - MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA POR EL TAMIZ # 200	LIMOS Y ARCILLAS CON LIMITE LIQUIDO MENOR DE 50	RESISTENCIA EN ESTADO SECO (A LA DISORGANICACION)	DILATANCIA (REACCION A LA AGITACION)	TENACIDAD (CONSISTENCIA CERCA DEL LIMITE PLASTICO)	ML	LIMOS INORGANICOS Y ARENAS MUY FINAS, POLVO DE ROCA, ARENAS FINAS LIMOSAS O ARCILLAS CON LIGERA PLASTICIDAD
		NULA A LIGERA	RAPIDA A LENTA	NULA	CL	ARCILLAS INORGANICAS DE PLASTICIDAD BAJA A MEDIA, ARCILLAS CON GRAVA, ARCILLAS ARENOSAS, ARCILLAS LIOSAS, ARCILLAS MAGRAS
		MEDIA A ALTA	NULA A MUY LENTA	MEDIA	OL	LIMOS ORGANICOS Y ARCILLAS LIMOSAS ORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD
		LIGERA A MEDIA	LENTA	LIGERA	MH	LIMOS INORGANICOS, SUELOS LIOSOS O ARENOSOS FINOS MICACEOS O CON DIATOMEAS, LIMOS ELASTICOS
LIMOS Y ARCILLAS CON LIMITE LIQUIDO MAYOR DE 50	LIGERA A MEDIA	LENTA A NULA	LIGERA A MEDIA	CH	ARCILLAS INORGANICAS DE PLASTICIDAD ELEVADA, ARCILLAS GRASAS	
	ALTA A MUY ALTA	NULA	ALTA	DH	ARCILLAS ORGANICAS DE PLASTICIDAD MEDIA A ALTA	
	MEDIA A ALTA	NULA A MUY LENTA	LIGERA A MEDIA	Pt	TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS	
SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS	FACILMENTE IDENTIFICABLES POR SU COLOR, OLORES, SENSACION ESPONJOSA Y FRECUENTEMENTE POR SU TEXTURA FIBROSA					



(Cristobal, 2013)

2.7. Estudio CBR

El California Bearing Ratio o CBR es un estudio mediante el cual se determina la carga unitaria correspondiente a 0.1” o 0.2” de penetración esto se expresa en porcentaje con respecto a su valor estándar, el número de CBR se obtiene mediante la relación de la carga unitaria para lograr una penetración del pistón dentro de la muestra compacta de suelo a un contenido de humedad y densidad dada con respecto a la carga unitaria patrón. (Chang, 2005)

2.7.1. Método de ensayo CBR

El ensayo de CBR se rige mediante la norma ASTM (American society for testing and materials), las especificaciones para este ensayo se encuentran en la ASTM D1883-21

El CBR comprende de 3 ensayos los cuales son: determinación de la densidad y humedad, propiedades expansivas del material y resistencia a la penetración, el comportamiento del suelo varía de acuerdo con sus propiedades, el método a seguir para determinar el CBR en laboratorio es el siguiente:

1. Determinación de humedad optima densidad máxima mediante Proctor estándar o modificado
2. Añadir agua en la muestra hasta alcanzar la humedad optima
3. Tomar 3 moldes de CBR estandarizados de 6" de diámetro y 7" de altura
4. Compactar la muestra en 3 capas por molde con energías de compactación de 15, 30 y 60 golpes por capa con una masa de 2.5 kg en caída libre de 12"
5. Enraizar el molde, desmontar he invertirlo
6. Sumergir los moldes en agua
7. Colocar la placa perforada sobre el vástago y los pesos necesarios para calcular la sobrecarga
8. Colocar el trípode sobre el borde del molde
9. Tomar medidas diarias del micro comparador durante al menos 4 día

(ASTM, 2021)

2.8. Principio de conservación de la cantidad de movimiento.

Los principios de conservación son los pilares fundamentales de la física ya que estas leyes nos ayudan a comprender muchos de los fenómenos que ocurren en nuestro entorno, en específico el principio de conservación de la cantidad de movimiento se rige a la tercera ley de Newton

El principio de conservación de cantidad de movimiento se basa en que, si la resultante de las fuerzas que trabajan sobre un cuerpo es nula, su momento lineal permanece constante a través del tiempo (Fernandez, 2021)

2.9. Triangulo rectángulo.

Un triángulo rectángulo se define como una figura geométrica de 3 lados a los cuales el más largo toma el nombre de hipotenusa y los 2 más cortos toman el nombre de catetos, la característica principal de un triángulo rectángulo es que uno de sus ángulos interiores es un ángulo de 90 grados (Westreicher, 2020)

2.10. Media aritmética

La media aritmética es un tipo de media que nos brinda la misma ponderación para todos los valores, esta se la realiza con la suma de todos los valores en los cuales deseamos realizar la media aritmética dividiéndolos para el numero de valores tomados de esta manera obtenemos un numero ponderado de la misma. (Lopez, 2021)

2.11. Fuerza de rozamiento

La fuerza de rozamiento se produce por irregularidades en la superficie en contacto es decir entre un cuerpo y otro, la fricción depende de los materiales en contacto y de cuanto estos se presionen entre sí, todas las superficies hasta la más lisa poseen irregularidades así sean de tamaño microscópico, la fuerza de fricción siempre es opuesta al movimiento va a depender del coeficiente de rozamiento estático o dinámico y de la normal del objeto. (Hewitt, 2007, pág. 59)

2.12. Desplazamiento angular

El desplazamiento angular se puede definir como el ángulo q se barre desde una posición inicial hasta una posición final en donde el cuerpo se ha detenido o se ha dejado de mover a demás para realizar la medición de este ángulo es necesario que se realice sobre un mismo eje (Area CIencias , 2021)

2.13. Torque

El torque sucede cuando se aplica una fuerza en algún punto de un cuerpo rígido, y dicho cuerpo tiende a realizar un movimiento de rotación en torno a un eje, se lo llama torque a la fuerza que está destinada a realizar algún giro alrededor de un punto fijo sabiendo esto entendemos que el torque depende del radio y la fuerza que se aplique. (Valcarce, 2014)

2.14. Energía

La energía está presente en todas las cosas que realizamos en nuestro diario vivir ya sean los rayos del sol, nuestro cuerpo al hacer digestión o las plantas cuando realizan la fotosíntesis es decir la energía es algo que no podemos percibir, pero siempre está presente como se puede evidenciar la energía no es una cosa sino es un proceso el cual se lleva a cabo todos los días de diferente forma, pero su resultado es el mismo. (Hewitt, 2007, pág. 110)

2.14.1. Energía potencial

La energía potencial se puede almacenar en base a su posición, esto se debe a que la energía almacenada tiene potencial de realizar trabajo, cabe recalcar que esta energía solo se da cuando se encuentra a una distancia separada en vertical del nivel de referencia, en este caso la energía potencial depende de la masa del objeto, la gravedad del lugar y la altura sobre el nivel de referencia en el cual se encuentra (Hewitt, 2007, pág. 113)

2.14.2. Energía cinética

La energía cinética se da cuando un cuerpo se desplace de un lugar a otro es decir este objeto cambia de posición con respecto a su posición inicial esto dependerá de la masa del objeto y la velocidad a la cual se desplace el mismo de esta manera nosotros podemos saber cuánta energía realizó al cambiar de posición el objeto (Hewitt, 2007, pág. 114).

2.15. Trabajo

El trabajo se da cuando se realiza una fuerza para el cambio de posición de un objeto es decir ya sea cargar una caja o transportar un objeto de un lugar a otro, el trabajo depende de la aplicación de una fuerza y el movimiento del objeto por esto podemos decir que el trabajo depende exclusivamente de la fuerza y la distancia (Hewitt, 2007, pág. 110)

2.16. Fuerzas no conservativas

Las fuerzas no conservativas son aquellas en las que el trabajo realizado es distinto de cero y estas dependen de la trayectoria del cuerpo en movimiento, cabe recalcar que cuando actúan las fuerzas no conservativas en el sistema la energía no se conserva un ejemplo de estas fuerzas es la de rozamiento (Física Practica , 2022)

2.17. Trabajo no conservativo

El trabajo no conservativo actúan las fuerzas no conservativas o disipativas estas fuerzas se oponen al movimiento y de esta manera generan que la energía no se conserve debido a que se pierde la energía cinética en el cuerpo, si el desplazamiento se realiza en un camino cerrado el trabajo será diferente de cero (Bases Físicoquímicas , 2011)

2.18. Movimiento rectilíneo uniforme

El movimiento rectilíneo uniforme se considera cuando una trayectoria es recta y posee una velocidad constante, cuando hablamos de velocidad constante en realidad nos referimos a la rapidez ya que la velocidad es vector que se obtiene cuando la rapidez es multiplicada por un vector director, en este caso la rapidez se define de las variables como son la distancia y el tiempo. (Fernández, 2022)

2.19. Teorema del trabajo y la energía

El teorema del trabajo y la energía se genera a partir de que el trabajo es igual al cambio de energía cinética ya que al momento en que el objeto adquiere energía cinética se acelera por ende realiza un trabajo y cuando desacelera también se realiza un trabajo por esta razón se puede decir que el trabajo es igual a la variación de la energía cinética. (Hewitt, 2007, pág. 115)

2.20. Peralte

EL peralte es una medida de seguridad la cual se toma en las vías como sabemos la tendencia de nuestra bicicleta al tomar una curva es seguir de manera recta, el peralte nos ayuda que las fuerzas con las q llegan el ciclista a la curva se contra resten debido al ángulo que existe en el cual ayuda al carro a mantenerse estable y dentro de la vía. (Hinojosa, 2014)

2.21. Diagrama de cuerpo libre

Un diagrama de cuerpo libre es una aproximación a la realidad en la cual un objeto es analizado como uno solo y en él se dibujan todas las fuerzas las cuales interactúan en el momento que deseamos analizarlo, al nosotros realizar este ejercicio podemos evidenciar claramente cales son las fuerzas que actúan sobre el cuerpo y poder darles solución a dicho sistema. (Nave, 2017)

2.22. AASHTO

La American Association of state highway and transportation officials (AASHTO) es el encargado de establecer las normas, protocolos y guías que se utilizan para realizar el

diseño de autopistas en todo Estados Unidos, es decir es el ente regulador de todos los lineamientos a seguir para el diseño de vías (AASHTO, 2021)

2.23. AASHTO 93

La AASHTO 93 es una guía para el diseño de estructuras de pavimentos el cual emplea una metodología mediante el uso de ecuaciones, nomogramas y tablas en las cuales después de realizar un procedimiento claramente descrito logramos encontrar el parámetro conocido como numero estructural este estará en función del TPDA, CBR, drenaje entre otros con el cual se puede determinar los espesores que deben tener la subbase, base y capa de rodadura. (Garcia, 2015)

2.24. Subrasante

La subrasante es la capa del suelo en donde la estructura de pavimento se va a asentar, por lo general se escoge el lugar en donde va a ser la subrasante con el ensayo del CBR ya que el lugar en donde el CBR con correlación a DCP sea más conveniente asentaremos nuestra estructura, este estrato es un terreno natural del mismo suelo (SNIP, 2015)

2.25. Sub-Base

La subbase es la capa de material que está ubicada entre la subrasante y lavase en un pavimento flexible por lo general la subbase es colocada de un material granular grueso, esto va a depender también de los requisitos que tenga cada vía debido a su CBR entre otras cosas (CEMEX, 2021)

2.26. Base

La base es la capa de material que está ubicada entre la subbase y la capa de rodadura esta capa es la encargada de sostener la capa de rodadura, en esta capa se resiste la mayor cantidad de esfuerzos que producen los vehículos sobre el mismo por lo general esta capa está compuesta de materiales granulares y bases estabilizadas (UDLAP, 2020)

2.27. Capa de rodadura

La capa de rodadura o revestimiento asfáltico es la capa sobre la cual los automóviles pueden circular, el material del cual está compuesto la capa de rodadura es un producto

asfáltico conjunto con material pétreo, esta capa transmite los esfuerzos hacia la base, subbase y subrasante (VISE, 2021)

2.28. Mezcla asfáltica

Toda mezcla asfáltica se da como producto al haber distribuido he incorporado un material asfáltico con un material pétreo, para poder escoger la mejor mezcla asfáltica que se acople a las necesidades del proyecto se debe tener en consideración el número de vehículos que circulan en el sector, clima, clase de vía, peso de los automotores y geografía en donde se realizara la vía (FIR, 2021)

2.29. Mezcla asfáltica en caliente

La mezcla asfáltica en caliente se realiza en plantas ya sea móviles o fijas en la cual antes de realizar la incorporación de la mezcla los agregados son clasificados por tamaños evitando que se mezclen con la capara de asfalto por esta razón se debe calentar ya que con esto estamos garantizando una mezcla uniforme del contenido , las mezclas asfálticas en caliente se pueden diferenciar mediante granulometría teniendo entre ellas densa , abierta o tipo SMA (FIR, 2021)

2.30. Mezcla asfáltica en frio

La mezcla asfáltica en frio se la realiza por lo general en el sitio en el cual se desea implementar la misma, en este tipo de mezcla asfáltica se utiliza una emulsión asfáltica la cual ayuda a este tipo de mezcla a impermeabilizarse o sellarse, cuando la mezcla en frio esta lista se distribuye y extiende la cantidad necesaria y requerida en obra (FIR, 2021)

2.31. Pavimento Flexible

El pavimento flexible es el conjunto de capas como son la sub base , base y capa de rodadura las cuales actúan juntas sobre una subrasante en la cual reposa toda la estructura de pavimento flexible , se lo denomina pavimento flexible a aquellas capas que tiene nulos valores de resistencia a flexo tracción y puede distribuir los esfuerzos de manera eficiente hacia las capas debajo de ellas como sabemos los esfuerzos se disiparán conforme pasen de una capa a otra (Grupo Bitafal , 2020)

3. DESARROLLO DEL TRABAJO

3.1. Encuestas

3.1.1. Marco metodológico

3.1.1.1. Investigación descriptiva

Se conoce como investigación descriptiva a la forma de estudio la cual tiene como fin saber quién, donde, cuando, cómo y porqué del sujeto de estudio, cuya información recolectada sirva para describir la características, propósitos o planificación de una situación específica. (Namakforoosh, 2000)

3.1.1.2. Características de la investigación descriptiva

Un estudio descriptivo se caracteriza por ser una investigación cuantitativa con variables no controladas la cual analiza a distintos miembros de un mismo grupo cuyos datos obtenidos se consideran como punto de partida para otras investigaciones. (Namakforoosh, 2000)

3.1.2. Métodos de investigación descriptiva

3.1.2.1. Encuesta de Investigación

Las encuestas son una herramienta de retroalimentación muy popular para la investigación. Para que una encuesta reúna datos de buena calidad, debe tener preguntas claras.

El método de encuesta puede realizarse en línea o hacer encuestas offline, lo que la convierte en la opción preferida para la investigación descriptiva cuando el tamaño de la muestra es muy grande.

3.1.2.2. Medio para recopilar datos

Se obtendrá información mediante la aplicación de encuestas presenciales, con el método de preferencias declaradas.

3.1.3. Metodología

Uno de los objetivos del presente trabajo de investigación es determinar si las personas que practican Down Hill o deportes relacionados estarían dispuestas a practicar Pump track, por tal motivo es necesario realizar encuestas de preferencias reveladas que nos permitan obtener la información necesaria para calibrar un modelo Logit Binario el cual después de programarlo en Biogeme, permita obtener la mayor utilidad de las elecciones de la muestra encuestada ya que Biogeme emplea el principio de máxima verosimilitud para propiciar resultado. Una vez obtenidos los resultados se procederá a realizar el respectivo análisis y conclusiones.

Cálculo de la muestra

Para el cálculo de la muestra se emplea el método de Kotler y Armstrong.

$$n = \frac{N * z^2 * \sigma^2}{e^2 * (N - 1) + z^2 * \sigma^2}$$

Donde:

n= Tamaño muestral.

N= Tamaño de la población.

Z= Nivel de confianza

σ = Margen de error correspondiente al 5 %.

Tabla 4

Valores de Z para diferentes niveles de confianza

Nivel de confianza	Clasificación Z
0.9	1,645
0,95	1,96
0,98	2,33

Con una población N de 2171 personas, un nivel de confianza del 95% (Z=1.96) y un margen de error del 5% se determinó que se debe realizar 400 encuestas al emplear la ecuación de Kotler y Armstrong.

3.1.4. DISEÑO DE LA ENCUESTA

Ya que lo que se desea determinar es si el deporte Pump track va a tener una buena acogida cuando se construya la pista es necesario realizar una encuesta de preferencias declaradas empleando el diseño experimental de Kocur, lo cual nos permite obtener información de manera ordenada evitando así la acumulación de errores al momento de que Biogeme calcule los efectos marginales (β) ya que los datos estarán debidamente ordenados en función de una matriz de ortogonalidad (Núñez & Ávila, 2021).

3.1.4.1. Variables consideradas en el modelo

Tabla 5

Variables y niveles Pump Track

Pump Track		
Variable	Descripcion	Nivel
Costo del equipo para practica el deporte	150-250	0
	251-600	1
	601-1200	2
Costo de la entrada y utilizacion de la pista	10\$	0
	15\$	1
	20\$	2
Disponibilidad de medios de trantsorte publico para acceder a la pista	Transporte Publico	1
	Transporte Privado	0

Tabla 6

Variables y niveles Down Hill

Down Hill/Enduro		
Variable	Descripcion	Nivel
Costo del equipo	750-1000	0
	1001-1800	1
	1801-3000	2
Costo de la entrada y utilizacion a la pista	15\$	0
	20\$	1
	25\$	2
Disponibilidad de medios de trantsorte para acceder a la pista	Transporte Publico	1
	Transporte Privado	0

Siguiendo la metodología de Kocur considerando que se tienen dos variables de tres niveles y una variable de dos niveles se emplea el diseño experimental 35^a.

Tabla 7

Metodología de Kocur

Metodología de Kocur			
35a	9 escenariros posibles	Columnas a estudiar 1,2,8	Master plan 3

Tabla 8
Matriz Ortogonal de Kocur

Matriz Ortogonal						
Escenario	Pump Track			Down Hill / Enduro		
	Costo del Equipo	Costo de entrada y utilizacion de la pista	Disponibilidad de transporte	Costo del Equipo	Costo de entrada y utilizacion de la pista	Disponibilidad de transporte
1	0	0	0	0	0	0
2	0	1	0	0	1	0
3	0	2	1	0	2	1
4	1	0	1	1	0	1
5	1	1	0	1	1	0
6	1	2	0	1	2	0
7	2	0	0	2	0	0
8	2	1	1	2	1	1
9	2	2	0	2	2	0

Como se puede servir en la matriz de ortogonalidad se presenta el respectivo ordenamiento de los 9 escenarios de la encuesta de preferencias declaradas. Una vez que se realizó la calibración de la encuesta se plantean los 9 escenarios que se consideran en la encuesta PD definitiva como se puede ver en la Ilustración 1 (Kocur, 1982).

Escenario 1	Pump Track	Down Hill / Enduro
Costo equipamiento 	150-250 (dólares)	750-1000(dólares)
Costo de entrada y uso de pista 	10 (dólares)	15(dólares)
Disponibilidad para acceder a la pista 	Transporte Privado	Transporte Privado

Marca con una X solo una casilla por fila

	Pump Track	Down Hill / Enduro
Tipo de deporte		

Ilustración 1. *Escenario 1, encuesta PD*

Con la información de las 400 encuestas realizadas se genera la base de datos la cual se la podrá cargar en Biogeme para una vez que se programe los modelos Logit Binomiales se proceda a el análisis de resultados.

3.1.5. Análisis de resultados

3.1.5.1. Consideraciones preliminares

Biogeme entrega como resultados los efectos marginales (β) de las respectivas funciones de utilidad programadas de acuerdo con el modelo Logit Binomial. Para calcular la máxima utilidad se reemplaza los efectos marginales y los valores de las variables analizadas en las funciones de utilidad de esta manera obtenemos los valores de V_1 y V_2 de donde:

V_1 = máxima utilidad de Pump track

V_2 = máxima utilidad de Down Hill / Enduro.

Una vez que se calculadas las máximas utilidades se calcula las probabilidades de aceptación con las ecuaciones.

$$P_1 = \frac{e^{V_1}}{e^{V_1} + e^{V_2}}$$
$$P_2 = \frac{e^{V_2}}{e^{V_1} + e^{V_2}}$$

onde:

e = Es el número de Euler (e= 2.71828).

P_1 = porcentaje de aceptación de practicar Pump track

P_2 = porcentaje de aceptación de practicar Down Hill / Enduro.

Se emplea las condiciones preliminares para el cálculo de las probabilidades de aceptación en cada uno del modelo a ser analizados (Núñez & Ávila, 2021).

3.1.5.1.1. LOGIT BINARIO – EQUIPO

El presente modelo permite determinar la probabilidad de practicar Pump track o Down Hill / Enduro en función del costo del equipo.

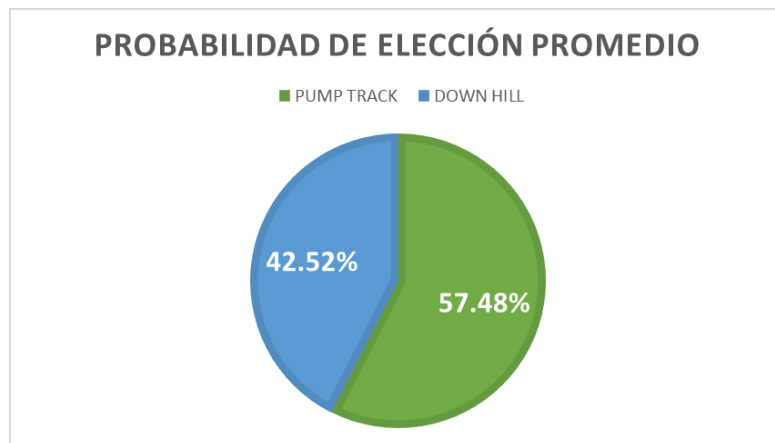
$$V_1 = \beta_1 + \beta_{EQUIPO} * PUMP_{EQUIPO} + \varepsilon$$
$$V_2 = \beta_2 + \beta_{EQUIPO} * D/E_{EQUIPO} + \varepsilon$$

Tabla 9*Resultados Biogeme Logit Binario Equipo*

Name	Value	Std err	t-test	p-value	Rob. Std err	Rob. t-test	Rob. p-value
ASC_PUMP	0.0059	0.109	0.0541	0.957	0.109	0.0541	0.957
B_EQUIPO	-0.000282	9.93e-05	-2.84	0.00452	9.94e-05	-2.84	0.00456

Tabla 10*Utilidades y Probabilidad de Logit Binario Equipo*

ESCENARIO	V_PUMP	V_D/E	P_PUMP	P_DE
1	-0.0505	-0.2468	54.89%	45.11%
2	-0.0505	-0.2468	54.89%	45.11%
3	-0.0505	-0.2468	54.89%	45.11%
4	-0.1140	-0.3948	56.98%	43.02%
5	-0.1140	-0.3948	56.98%	43.02%
6	-0.1140	-0.3948	56.98%	43.02%
7	-0.2479	-0.6768	60.56%	39.44%
8	-0.2479	-0.6768	60.56%	39.44%
9	-0.2479	-0.6768	60.56%	39.44%
PROMEDIO			57.48%	42.52%

**Ilustración 2.** Probabilidad de aceptación promedio del Logit Binario Equipo

Del total de la muestra analizada considerando el coste del equipo el deporte Pump Track tiene una mayor aceptación con un 57.48 %, el. Down Hill / Enduro tuvo una aceptación del 42.52%.

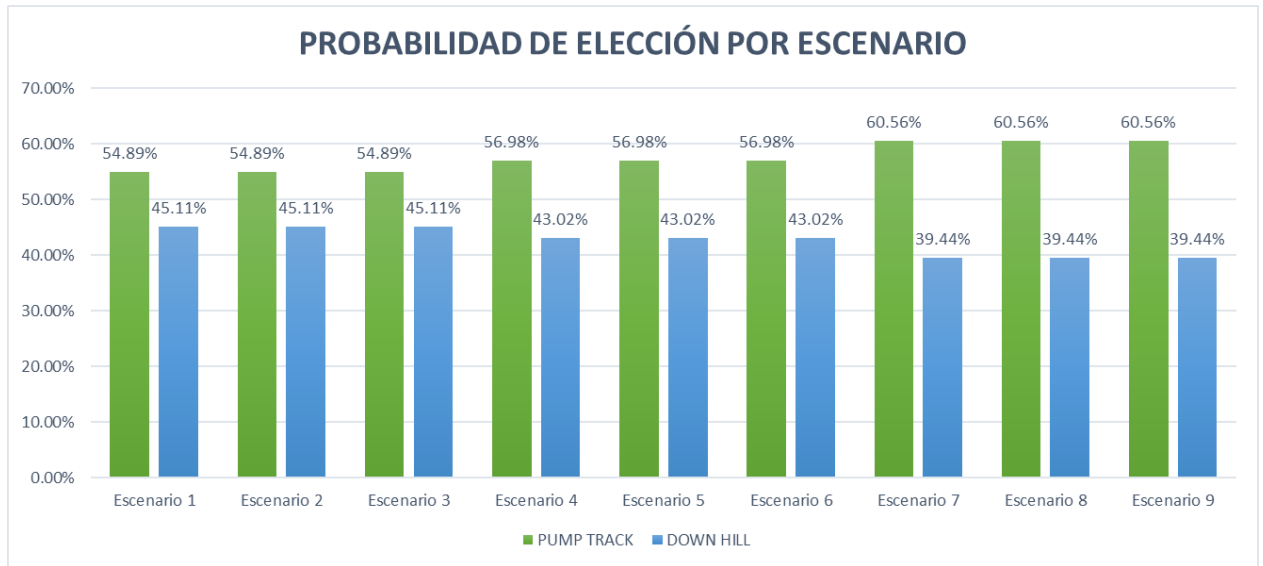


Ilustración 3. Probabilidad de aceptación por escenario del Logit Binario Equipo

Analizado los resultados de los 9 escenarios se puede verificar que conforme el costo del equipo de Pump Track y Down Hill / Enduro va incrementando, el deporte que tiene una mayor aceptación es el Pump Track.

3.1.5.1.2. LOGIT BINARIO: EQUIPO – ENTRADA

El presente modelo considera a las variables del costo del equipo y del costo de la entrada para la obtención de las probabilidades de elección.

$$V_1 = \beta_1 + \beta_{EQUIPO} * PUMP_{EQUIPO} + \beta_{ENTRADA} PUMP_{ENTRADA} + \varepsilon$$

$$V_2 = \beta_2 + \beta_{EQUIPO} * D/E_{EQUIPO} + \beta_{ENTRADA} D/E_{ENTRADA} + \varepsilon$$

Tabla 11

Resultados Biogeme Logit Binario Equipo-Entrada

Name	Value
ASC_PUMP	0.000595
B_ENTRADA	-0.00107
B_EQUIPO	-0.000282

Tabla 12

Utilidades y Probabilidad de Logit Binario Equipo-Entrada

V_PUMP	V_D/E	P_PUMP	P_D/E
-0.0611	-0.2628	55.02%	44.98%
-0.0665	-0.2681	55.02%	44.98%
-0.0718	-0.2735	55.02%	44.98%
-0.1246	-0.4108	57.11%	42.89%
-0.1299	-0.4162	57.11%	42.89%
-0.1353	-0.4215	57.11%	42.89%
-0.2585	-0.6928	60.69%	39.31%
-0.2639	-0.6982	60.69%	39.31%
-0.2692	-0.7035	60.69%	39.31%
PROMEDIO		57.61%	42.39%

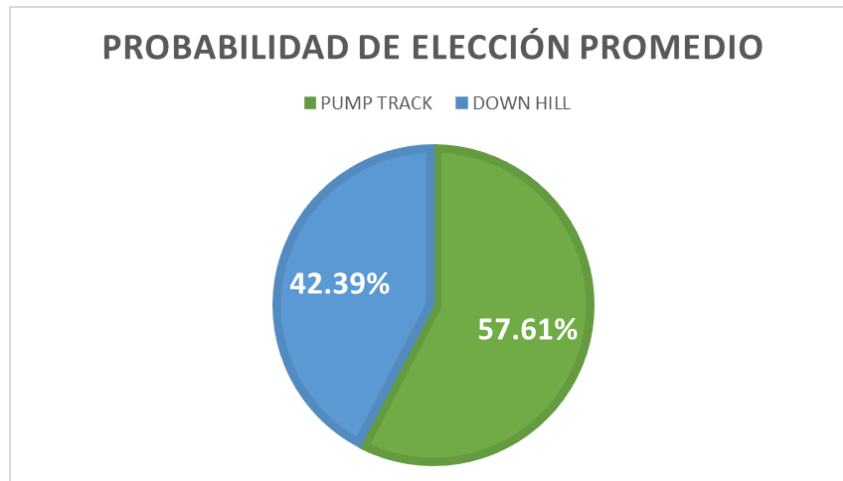


Ilustración 4 *Probabilidad de aceptación promedio del Logit Binario Equipo-Entrada*

Del total de la muestra analizada considerando el coste del equipo y el costo de la entrada, el deporte Pump Track tiene una mayor aceptación con un 57.61 %, el Down Hill / Enduro tuvo una aceptación del 42.39%.

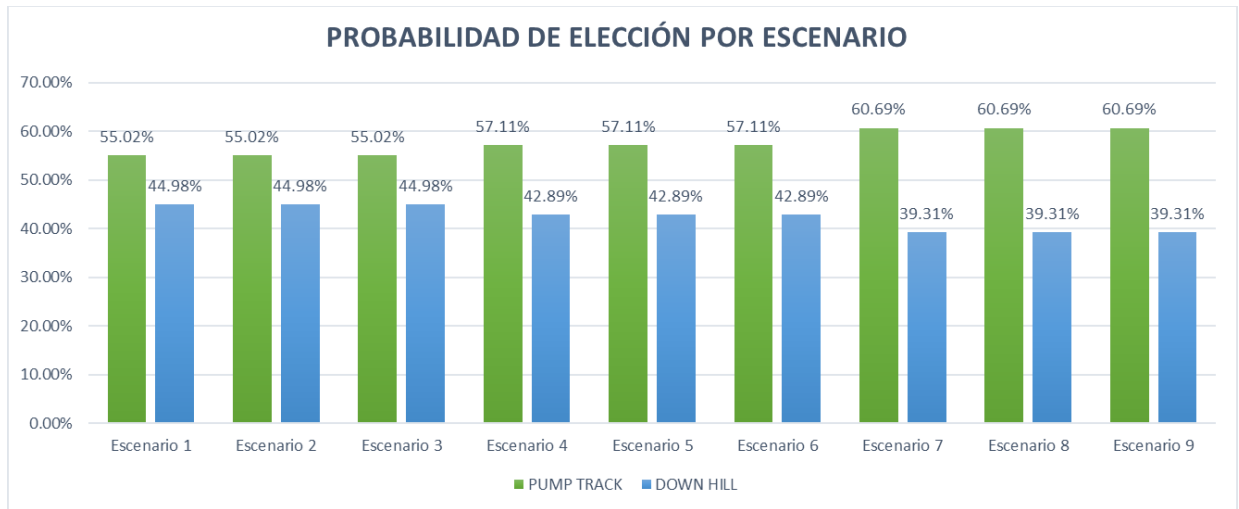


Ilustración 5 Probabilidad de aceptación por escenario del Logit Binario Equipo-Entrada

Analizado los resultados de los 9 escenarios se puede verificar que conforme el costo del equipo de Pump Track y Down Hill / Enduro va incrementando, el deporte que tiene una mayor aceptación es el Pump Track. Un punto importante para considerar en el presente modelo es que al considerar el costo del equipo y el costo de la entrada la probabilidad de aceptación del Pump Track decrece levemente en comparación con el modelo anterior.

3.1.5.1.3. LOGIT BINARIO: EQUIPO-ENTRADA-TRANSPORTE

El presente modelo considera a las variables del costo del equipo, el costo de la entrada y la disponibilidad de transporte que les permita llegar al destino, para la obtención de las probabilidades de elección.

$$V_1 = \beta_1 + \beta_{EQUIPO} * PUMP_{EQUIPO} + \beta_{ENTRADA} PUMP_{ENTRADA} + \beta_{TRANSPORTE} TRANSPORTE + \varepsilon$$

$$V_2 = \beta_2 + \beta_{EQUIPO} * D/E_{EQUIPO} + \beta_{ENTRADA} D/E_{ENTRADA} + \varepsilon$$

Tabla 13

Resultados Biogeme Logit Binario Equipo-Entrada-Transporte

Name	Value
ASC_PUMP	0.00166
B_ENTRADA	-0.000403
B_EQUIPO	-0.000282
B_TRANSPORTE	0.00691

Tabla 14

Utilidades y Probabilidad de Logit Binario Equipo-Entrada-Transporte

ESCENARIO	V_PUMP	V_D/E	P_PUMP	P_D/E
1	-0.0519	-0.2528	55.01%	44.99%
2	-0.0539	-0.2548	55.01%	44.99%
3	-0.0559	-0.2568	55.01%	44.99%
4	-0.1153	-0.4008	57.09%	42.91%
5	-0.1173	-0.4029	57.09%	42.91%
6	-0.1193	-0.4049	57.09%	42.91%
7	-0.2493	-0.6828	60.67%	39.33%
8	-0.2513	-0.6849	60.67%	39.33%
9	-0.2533	-0.6869	60.67%	39.33%
PROMEDIO			57.59%	42.41%

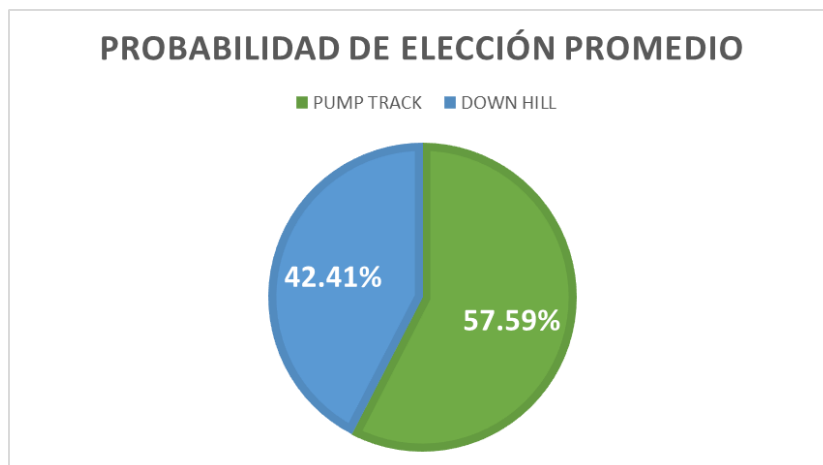


Ilustración 6. *Probabilidad de aceptación promedio del Logit Binario Equipo-Entrada-Transporte*

Del total de la muestra analizada considerando el coste del equipo, el costo de la entrada, y la disponibilidad del transporte para llegar al sitio, el deporte Pump Track tiene una mayor aceptación con un 57.59 %, el Down Hill / Enduro tuvo una aceptación del 42.41%.

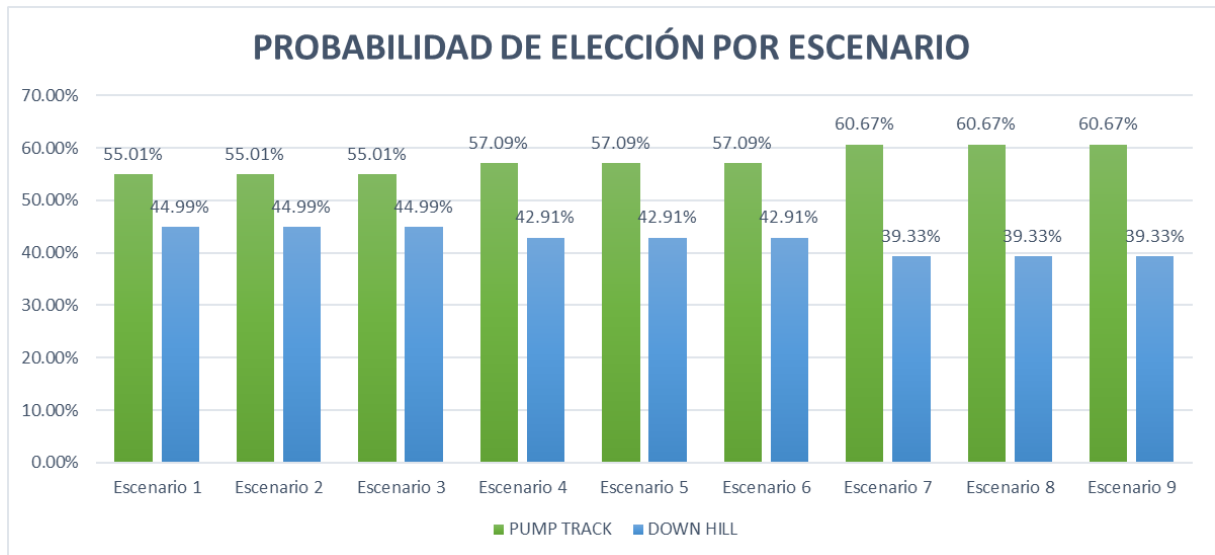


Ilustración 7. Probabilidad de aceptación por escenario del Logit Binario Equipo-Entrada-Transporte

Analizado los resultados de los 9 escenarios se puede verificar que conforme el costo del equipo de Pump Track y Down Hill / Enduro va incrementando, el deporte que tiene una mayor aceptación es el Pump Track. Un punto importante para considerar en el presente modelo es que, al considerar el costo del equipo, el costo de la entrada y la disponibilidad del transporte, la probabilidad de aceptación del Pump Track incrementa levemente en comparación con el modelo anterior.

3.1.5.1.4. LOGIT BINARIO EDAD (≤ 30)

Para el presente modelo se analizar las elecciones de la muestra en función de la edad se analiza las elecciones de las personas que tienen una edad comprendida entre los 15 a 30 años. Es posible realizar este análisis debido a que en Biogeme se puede analizar las elecciones de un grupo determinado si en la base de datos se la carga con una respectiva diferenciación numérica de los grupos a ser analizados.

$$V_1 = \beta_1 + \beta_{EQUIPO} * PUMP_{EQUIPO} + \beta_{ENTRADA} PUMP_{ENTRADA} + \beta_{TRANSPORTE} TRANSPORTE + \varepsilon$$

$$V_2 = \beta_2 + \beta_{EQUIPO} * D/E_{EQUIPO} + \beta_{ENTRADA} D/E_{ENTRADA} + \varepsilon$$

Tabla 15

Resultados Biogeme Logit Binario Edad (≤ 30)

Name	Value	Std err	t-test	p-value	Rob. Std err	Rob. t-test	Rob. p-value
ASC_PUMP	-0.0147	0.00559	-2.62	0.00868	0.00559	-2.63	0.00866
B_ENTRADA	0.034	0.028	1.22	0.223	0.028	1.22	0.223
B_EQUIPO	-0.000392	0.000129	-3.03	0.00241	0.000129	-3.03	0.00243
B_TRANSPORTE	-0.0261	0.0932	-0.28	0.779	0.0931	-0.28	0.779

Tabla 16

Utilidades y Probabilidad de Logit Binario Edad (≤ 30)

ESCENARIO	V_PUMP	V_D/E	P_PUMP	P_DE
1	0.2213	0.1676	51.34%	48.66%
2	0.3915	0.3378	51.34%	48.66%
3	0.5617	0.5081	51.34%	48.66%
4	0.1331	-0.0382	54.27%	45.73%
5	0.3033	0.1320	54.27%	45.73%
6	0.4735	0.3023	54.27%	45.73%
7	-0.0531	-0.4302	59.32%	40.68%
8	0.1171	-0.2600	59.32%	40.68%
9	0.2873	-0.0897	59.32%	40.68%
PROMEDIO			54.98%	45.02%

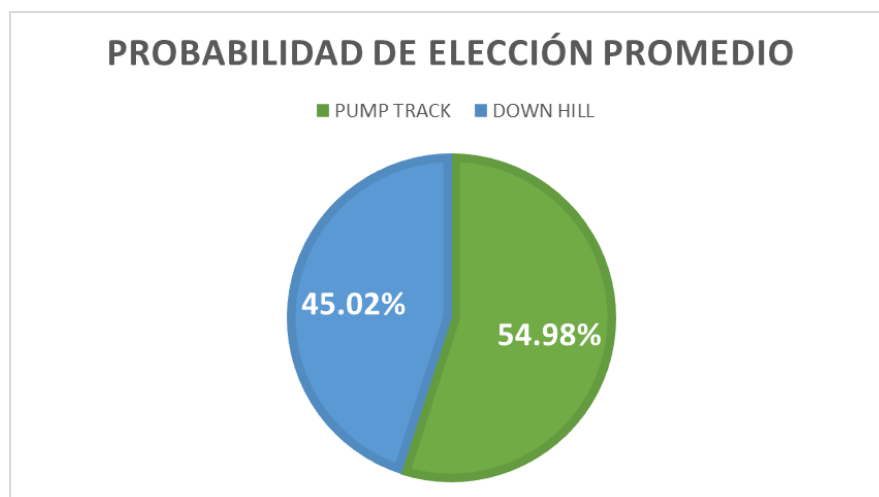


Ilustración 8. *Probabilidad de aceptación promedio del Logit Binario Edad (≤ 30)*

Del total de la muestra analizada considerando el coste del equipo, el costo de la entrada, y la disponibilidad del transporte para llegar al sitio, el deporte Pump Track tiene una mayor aceptación por parte de las personas que tienen una edad menor o igual a los 30 años, con un 54.98 % de aceptación. Down Hill / Enduro tuvo una aceptación del 45.02%.

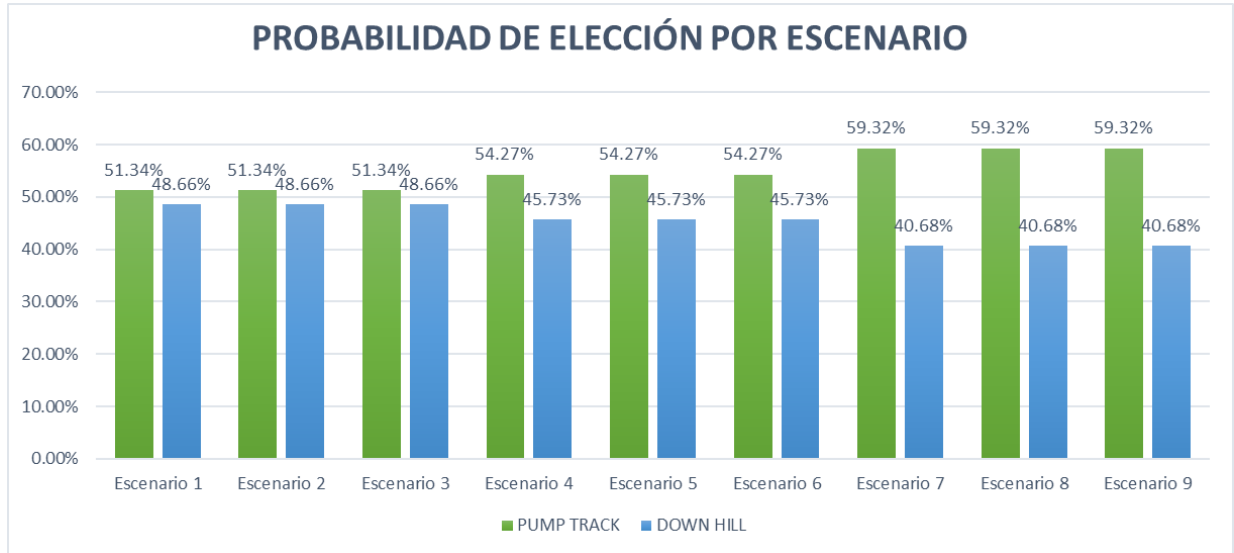


Ilustración 9. Probabilidad de aceptación por escenario del Logit Binario Edad (≤ 30)

Para los 9 escenarios el deporte predilecto de las personas con una edad menor o igual a 30 años es el Pump Track y conforme van incrementando el costo del equipo y de las entradas el Down Hill / Enduro tiene una menor aceptación.

3.1.5.1.5. LOGIT BINARIO EDAD +30

En el presente Modelo se analizan las preferencias de las personas con una edad superior a los 30 años, considerando las variables de las siguientes funciones de utilidad:

$$V_1 = \beta_1 + \beta_{EQUIPO} * PUMP_{EQUIPO} + \beta_{ENTRADA} PUMP_{ENTRADA} + \beta_{TRANSPORTE} TRANSPORTE + \varepsilon$$

$$V_2 = \beta_2 + \beta_{EQUIPO} * D/E_{EQUIPO} + \beta_{ENTRADA} D/E_{ENTRADA} + \varepsilon$$

Tabla 17

Resultados Biogeme Logit Binario Edad (+30)

Name	Value
ASC_PUMP	0.0274
B_ENTRADA	-0.0493
B_EQUIPO	-0.000123
B_TRANSPORTE	0.0547

Tabla 18

Utilidades y Probabilidad de Logit Binario Edad (+30)

ESCENARIO	V_PUMP	V_D/E	P_PUMP	P_D/E
1	-0.4358	-0.8475	60.15%	39.85%
2	-0.6824	-1.0941	60.15%	39.85%
3	-0.9290	-1.3408	60.15%	39.85%
4	-0.4634	-0.9121	61.03%	38.97%
5	-0.7101	-1.1587	61.03%	38.97%
6	-0.9567	-1.4054	61.03%	38.97%
7	-0.5219	-1.0351	62.56%	37.44%
8	-0.7685	-1.2817	62.56%	37.44%
9	-1.0151	-1.5284	62.56%	37.44%
PROMEDIO			61.25%	38.75%

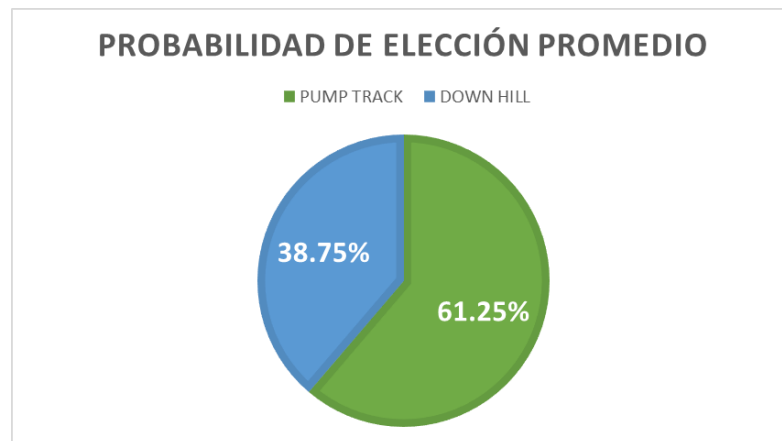


Ilustración 10. *Probabilidad de aceptación promedio del Logit Binario Edad (+30)*

Del total de la muestra analizada considerando el coste del equipo, el costo de la entrada, y la disponibilidad del transporte para llegar al sitio, el deporte Pump Track tiene

una mayor aceptación por parte de las personas que tienen una edad superior a los 30 años, con un 61.25 % de aceptación. Down Hill / Enduro tuvo una aceptación del 38.75%.

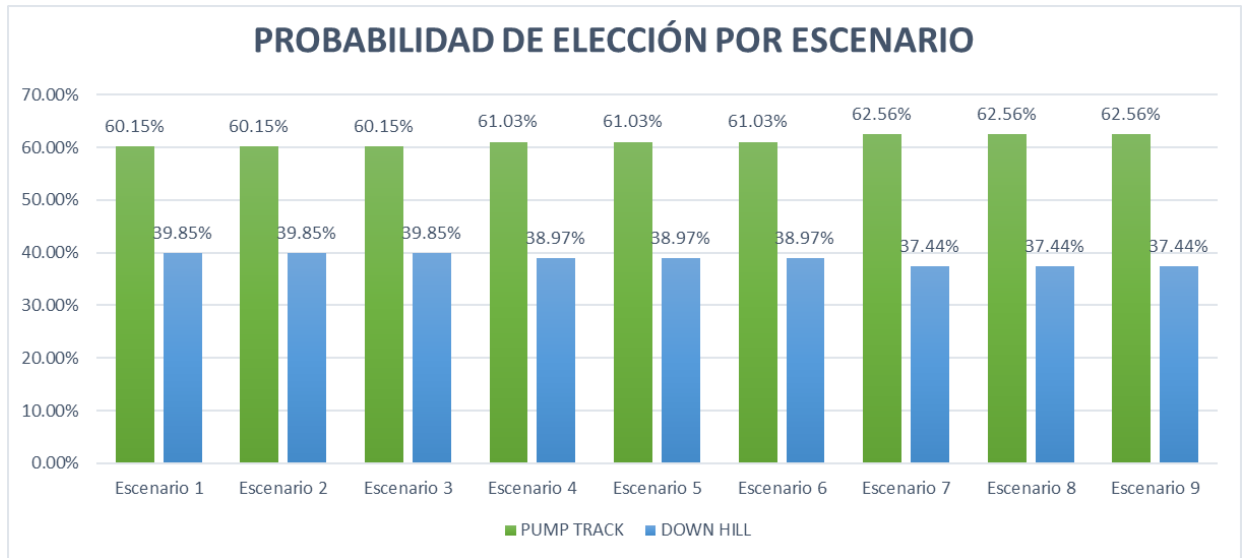


Ilustración 11. Probabilidad de aceptación por escenario del Logit Binario Edad (+30)

Para los 9 escenarios considerando las elecciones de las personas con una edad superior a los 30 años tienen mayor preferencia por practicar Pump Track y conforme van incrementando el costo del equipo y de las entradas el Down Hill / Enduro tiene una menor aceptación.

3.1.5.1.6. LOGIT BINARIO HOMBRES

En el presente modelo se analiza las preferencias de los hombres considerando las variables de las funciones de utilidad siguientes:

$$V_1 = \beta_1 + \beta_{EQUIPO} * PUMP_{EQUIPO} + \beta_{ENTRADA} PUMP_{ENTRADA} + \beta_{TRANSPORTE} TRANSPORTE + \varepsilon$$

$$V_2 = \beta_2 + \beta_{EQUIPO} * D/E_{EQUIPO} + \beta_{ENTRADA} D/E_{ENTRADA} + \varepsilon$$

Tabla 19

Resultados Biogeme Logit Binario Hombres

Name	Value
ASC_PUMP	-0.00328
B_ENTRADA	0.00915
B_EQUIPO	-0.000349
B_TRANSPORTE	-0.0075

Tabla 20

Utilidades y Probabilidad de Logit Binario Hombres

ESCENARIO	V_PUMP	V_D/E	P_PUMP	P_D/E
1	0.0109	-0.1682	54.46%	45.54%
2	0.0566	-0.1224	54.46%	45.54%
3	0.1024	-0.0767	54.46%	45.54%
4	-0.0676	-0.3514	57.05%	42.95%
5	-0.0219	-0.3056	57.05%	42.95%
6	0.0239	-0.2599	57.05%	42.95%
7	-0.2334	-0.7004	61.47%	38.53%
8	-0.1877	-0.6546	61.47%	38.53%
9	-0.1419	-0.6089	61.47%	38.53%
PROMEDIO			57.66%	42.34%

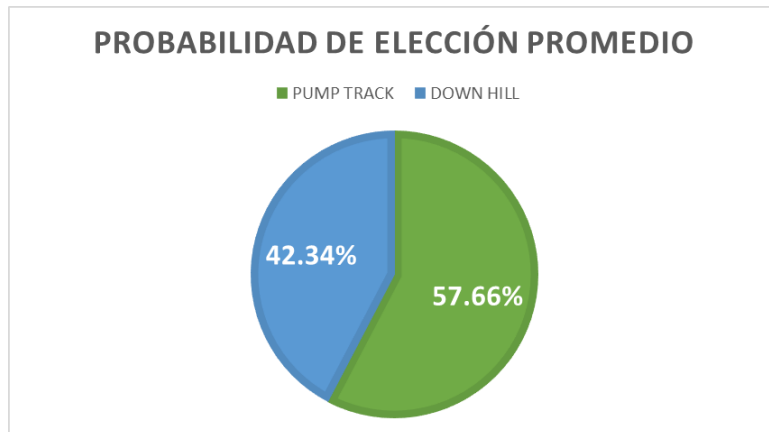


Ilustración 12. *Probabilidad de aceptación promedio del Logit Binario Hombres*

Del total de la muestra analizada considerando el coste del equipo, el costo de la entrada, y la disponibilidad del transporte para llegar al sitio, el deporte Pump Track tiene una mayor aceptación por parte de los hombres con un 57.66 % de aceptación. Down Hill / Enduro tuvo una aceptación del 42.34%.

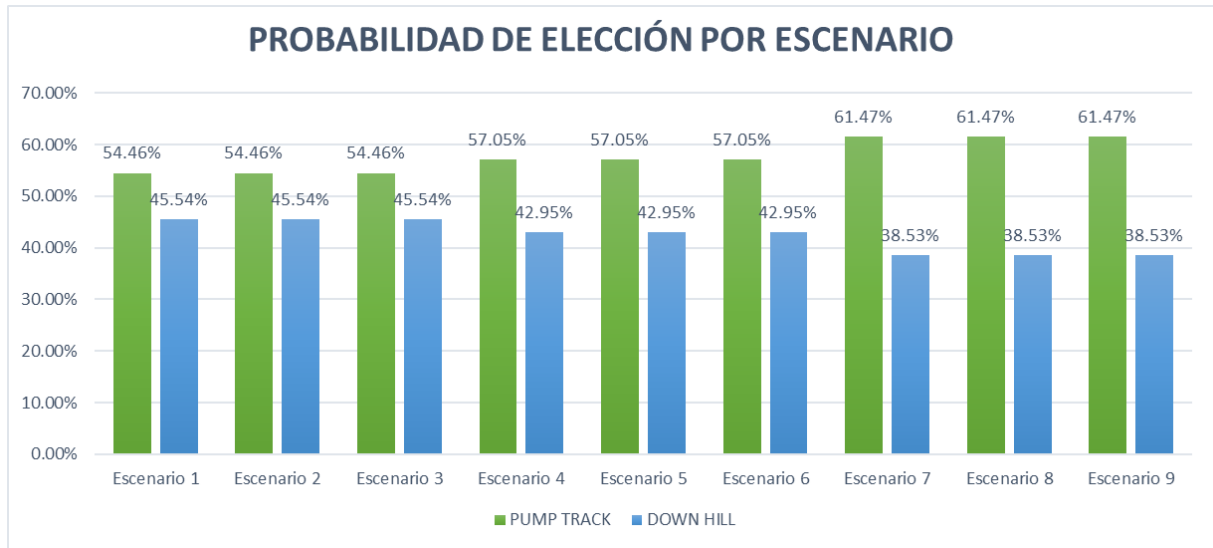


Ilustración 13 Probabilidad de aceptación por escenario del Logit Binario Hombres

Para los 9 escenarios considerando las elecciones de los hombres, tienen una mayor preferencia por practicar Pump Track y conforme van incrementando el costo del equipo y de las entradas el Down Hill / Enduro tiene una menor aceptación.

3.1.5.1.7. LOGIT BINARIO MUJERES

En el presente modelo se analiza las preferencias de las mujeres considerando las variables de las funciones de utilidad siguientes:

$$V_1 = \beta_1 + \beta_{EQUIPO} * PUMP_{EQUIPO} + \beta_{ENTRADA} PUMP_{ENTRADA} + \beta_{TRANSPORTE} TRANSPORTE + \varepsilon$$

$$V_2 = \beta_2 + \beta_{EQUIPO} * D/E_{EQUIPO} + \beta_{ENTRADA} D/E_{ENTRADA} + \varepsilon$$

Tabla 21

Resultados Biogeme Logit Binario Mujeres

Name	Value
ASC_PUMP	0.0161
B_ENTRADA	-0.0202
B_EQUIPO	-0.000137
B_TRANSPORTE	0.0379

Tabla 22

Utilidades y Probabilidad de Logit Binario Mujeres

ESCENARIO	V_PUMP	V_D/E	P_PUMP	P_D/E
1	-0.1753	-0.4226	56.15%	43.85%
2	-0.2762	-0.5236	56.15%	43.85%
3	-0.3771	-0.6245	56.15%	43.85%
4	-0.2061	-0.4946	57.16%	42.84%
5	-0.3070	-0.5955	57.16%	42.84%
6	-0.4080	-0.6964	57.16%	42.84%
7	-0.2712	-0.6316	58.91%	41.09%
8	-0.3721	-0.7325	58.91%	41.09%
9	-0.4730	-0.8334	58.91%	41.09%
PROMEDIO			57.41%	42.59%

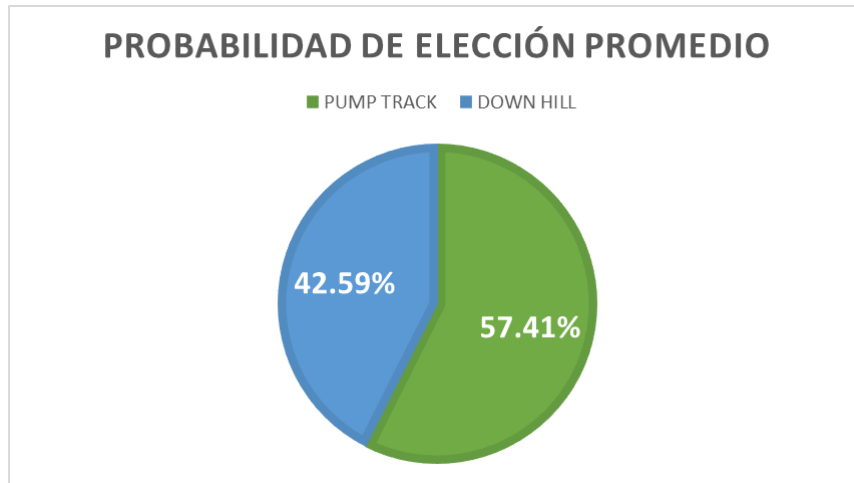


Ilustración 14 *Probabilidad de aceptación promedio del Logit Binario Mujeres*

Del total de la muestra analizada considerando el coste del equipo, el costo de la entrada, y la disponibilidad del transporte para llegar al sitio, el deporte Pump Track tiene una mayor aceptación por parte de las mujeres con un 57.41 % de aceptación. Down Hill / Enduro tuvo una aceptación del 42.59%.

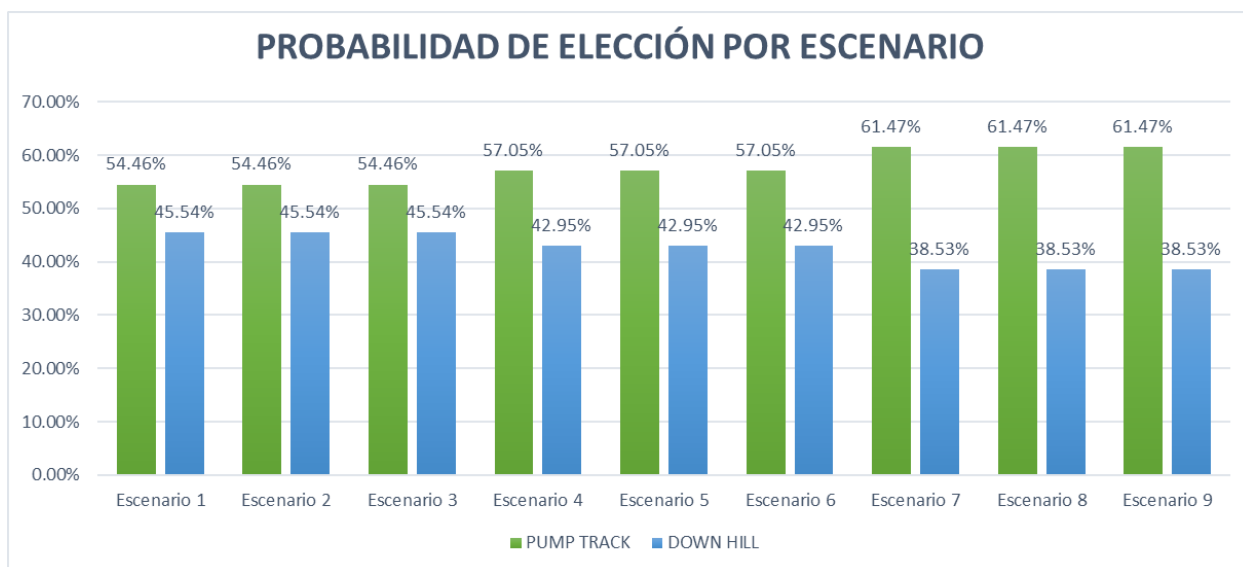


Ilustración 15. Probabilidad de aceptación por escenario del Logit Binario Mujeres

Para los 9 escenarios considerando las elecciones de las mujeres, tienen una mayor preferencia por practicar Pump Track y conforme van incrementando el costo del equipo y de las entradas el Down Hill / Enduro tiene una menor aceptación.

3.2. Diseño de la pista

3.2.1. Análisis del estudio topográfico.

Con base en el estudio topográfico realizado por el Ingeniero Geógrafo y del Medio Ambiente Jonathan Carvajal, se determina que las características topográficas de la parroquia rural de Lloa, posee las condiciones necesarias para el diseño de una pista de Pump Track con un desnivel máximo de 2 metros en la zona de construcción, lo que representa una topografía relativamente plana, con pendientes no mayores al 5%. La ubicación de la zona de construcción se encuentra en la parroquia de Lloa, en el barrio Lloa, en la vía de acceso al Ruco Pichincha, con coordenadas en sistema WGS84 (N9972580.641 m, E490523.65 m) con una altura referencial de 3068.59 metros sobre el nivel del mar, en esta ubicación se espera construir una pista relativamente plana, para lo cual es necesario realizar cortes y rellenos en algunas secciones que permitan garantizar el funcionamiento y diseño de la pista.

3.2.1.1. Croquis



Ilustración 16 Ubicación del GPS 1 en foto satelital de Google maps



Ilustración 17 Ubicación del GPS 2 en foto satelital de Google maps

3.2.1.2. Zona de implantación

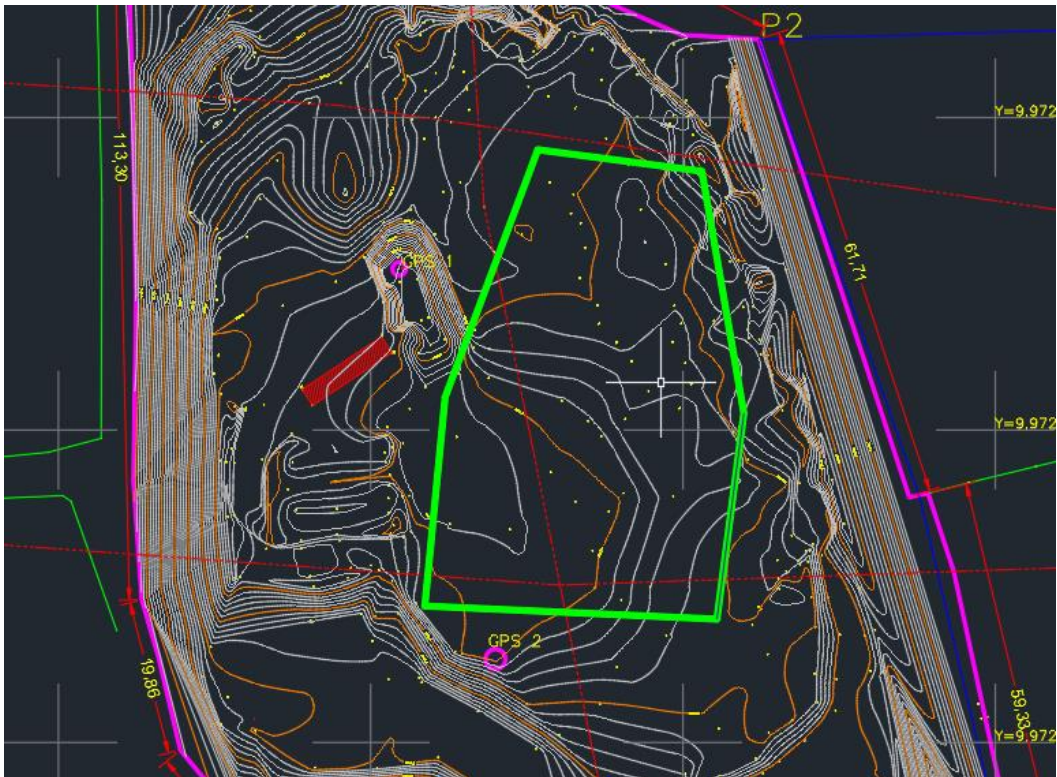


Ilustración 18 Implantación de la pista y localización de GPS 1 y GPS 2 en el levantamiento topográfico

3.2.2. Análisis y diseño geométrico y estructural de la pista Pump track del proyecto bike park

En el presente trabajo utilizamos la energía como base física para evidenciar que la pista de pump track puede ser completada solo mediante bombeo de la persona, para esta demostración se consideró nulo el efecto que realizar el viento y también se el cambio de dirección del peso al momento de entrar en un **speed bump** ya que se observó que para el análisis de la pista estos criterios son irrelevantes

Se estableció que la variación de la energía cinética es igual al trabajo en este caso como se partirá del reposo la velocidad inicial se estableció como 0 por ende tendremos energía cinética final analizaremos el conjunto de la bicicleta y solo la rueda por separado, al analizarlo como energía cinética traslacional y rotacional definiéndolo de la siguiente manera, cabe recalcar que en la energía rotacional se multiplico por 2 debido a que la energía que se analizo es de las 2 ruedas.

Cálculo de la energía:

$$E_T = \frac{1}{2} * Mb * V^2$$

$$E_R = \frac{1}{2} * I * W^2$$

Sabiendo que

$$I = M * R^2$$

$$W = V * R$$

Entonces

$$E_R = 2 * \left(\frac{1}{2} * (Mr * R^2) * (V * R)^2\right)$$

$$E_R = 2 * \left(\frac{1}{2} * Mr * V^2\right)$$

$$\Delta E = E_T + E_R$$

$$\Delta E = \frac{1}{2} * (Mb + 2Mr) * V^2$$

Donde:

$E_T =$ Energía traslacional

$E_R =$ Energía rotacional

$I =$ Inercia

$W =$ Velocidad angular

$R =$ Radio de la rueda

$Mb =$ Peso del conjunto incluye peso bicicleta, persona y 2 ruedas

$Mr =$ Peso de una sola rueda

$V =$ Velocidad

$\Delta E =$ Variación de la energía

Una vez descrito esto y aplicando el teorema de que el trabajo es igual a la variación de la energía cinética procedemos a igualar las ecuaciones, pero en este caso el trabajo será un trabajo no conservativo ya que como sabemos la superficie de rodadura tendrá

irregularidades por lo cual iremos perdiendo energía conforme pase el tiempo es decir la energía no se conservara, por esta acotación se estableció que el trabajo no conservativo es igual a la variación de la energía cinética ,también cabe acotar que el trabajo no conservativo será igual al trabajo que realice la fricción ya que la fricción al ser una fuerza no conservativa realiza un trabajo no conservativo

$$W_{NC} = \Delta E$$

$$W_{NC} = W_{FR}$$

Sabiendo que

$$W_{FR} = M * \Delta\theta$$

$$M = F_{FR} * R \text{ eje}$$

Definimos que

$$1 \text{ vuelta} \rightarrow 2 * \pi * R$$

$$N \text{ vueltas} \rightarrow d$$

$$N \text{ vueltas} = \frac{d}{2 * \pi * R}$$

$$\Delta\theta = N \text{ vueltas} * 2 * \pi$$

$$\Delta\theta = \frac{d}{2 * \pi * R} * 2 * \pi$$

$$\Delta\theta = \frac{d}{R}$$

$$W_{FR} = F_{FR} * R \text{ eje} * \frac{d}{R}$$

$$\frac{1}{2} * (Mb + 2Mr) * V^2 = F_{FR} * R \text{ eje} * \frac{d}{R}$$

$$F_{FR} = \frac{R * (Mb + 2Mr) * V^2}{R \text{ eje} * d * 2}$$

Donde:

$W_{NC} = \text{Trabajo no conservativo}$

$W_{FR} = \text{Trabajo de la fricción}$

$M =$ Momento de fuerza o torque

$F_{FR} =$ Fuerza de la fricción

R eje = Radio del eje de la manzana

$d =$ Distancia recorrida

N vueltas = Numero de vueltas

Se diseñó la pista de pump track como tenemos entendido la aceleración normal de una bicicleta es decir el pedaleo es nulo por el cual la persona realiza una técnica de bombeo la cual consiste en colocar su cuerpo hacia atrás y regresar con impulso hacia adelante subiéndose en la bicicleta de esta manera al realizar un bombeo se recorre una distancia determinada.

De esta manera se igualó la variación de la energía con el trabajo no conservativo, pero partiendo de la base de que al realizar un bombeo se recorre una distancia y también que dejar el proceso denominado bombeo el ciclista se detiene en una distancia determinada podemos decir que la energía que se introduce en el sistema al realizar un bombeo es la siguiente:

$$EB = F_{FR} * Reje * \frac{db}{R}$$

$$EB = \frac{R * (Mb + 2Mr) * V^2}{Reje * df * 2} * Reje * \frac{db}{R}$$

$$EB = \frac{(Mb + 2Mr) * V^2 * db}{2 * df}$$

$$ET_B = Nbombeos * EB$$

$$ET_B = Nbombeos * \left(\frac{(Mb + 2Mr) * V^2 * db}{2 * df} \right)$$

$$W_{NC} = ET_B$$

Donde:

$EB =$ Energía de bombeo

$db =$ Distancia que se recorre en el bombeo

$df =$ Distancia que recorre hasta el frenado

$N_{bombeos}$ = Numero de bombeos que se realizan

ET_B = Energia total de bombeo con el numero de bombeos

Por ser la pista cerrada se asume la velocidad final o velocidad de fin de circuito igual a 0, para corroborar que la energía que introducimos al sistema sea la necesaria para poder completar dicho circuito solo y exclusivamente mediante bombeo, de esta manera se puede evidenciar cual es la energía necesaria que se necesita introducir para poder completar el circuito con éxito.

$$EP = F_{FR} * Reje * \frac{dt}{R}$$

$$EP = \frac{R * (Mb + 2Mr) * V^2}{Reje * df * 2} * Reje * \frac{dt}{R}$$

$$EP = \frac{(Mb + 2Mr) * V^2 * dt}{2 * df}$$

$$W_{NC} = EP$$

Donde:

EP = Energia que requiere la pista para ser completada.

dt = Distancia que posee la pista incluido curvas y speed bumps.

De esta manera al igualar la energía que se introduce con los bombeos y la energía que requiere la pista se puede evidenciar efectivamente cuanto es la distancia que se debe recorrer en cada bombeo o el número de bombeos que se necesita realizar para poder completar dicha pista.

$$W_{NC} = ET_B$$

$$W_{NC} = EP$$

$$ET_B = N_{bombeos} * \left(\frac{(Mb + 2Mr) * V^2 * db}{2 * df} \right)$$

$$EP = \frac{(Mb + 2Mr) * V^2 * dt}{2 * df}$$

$$Nbombeos * \left(\frac{(Mb + 2Mr) * V^2 * db}{2 * df} \right) = \frac{(Mb + 2Mr) * V^2 * dt}{2 * df}$$

$$Nbombeos * db = dt$$

Gracias a esto evidenciamos que las operaciones con las ecuaciones y lo asumido es correcto ya que para poder completar la longitud de la pista en este caso dt entendemos que avanzamos cierto número de metros en cada bombeo, el número de bombeos dependerá de la pista y el ciclista mientras que la distancia de bombeo dependerá solo del ciclista y de diferentes factores como su masa, coeficiente de rodadura, entre otros.

A partir de esto se tomó medidas en campo las cuales sirvieron como datos para poder satisfacer las fórmulas planteadas y poder evidenciar que efectivamente se pudo completar el circuito propuesto.

Para esto analizamos la velocidad del ciclista y cuánto tiempo se demora el ciclista en detenerse después de tener una velocidad media, para lo cual se utilizó la calle ubicada en el sector de Lloa específicamente afuera del “Wawa bike park” en la calle Quito que tiene la misma superficie de rodadura que se espera, es decir un asfalto y también es horizontal sin ningún tipo de pendientes en el sector, con coordenadas geográficas (-0.249, -78.586) para que las medidas sean más aproximadas a la realidad.

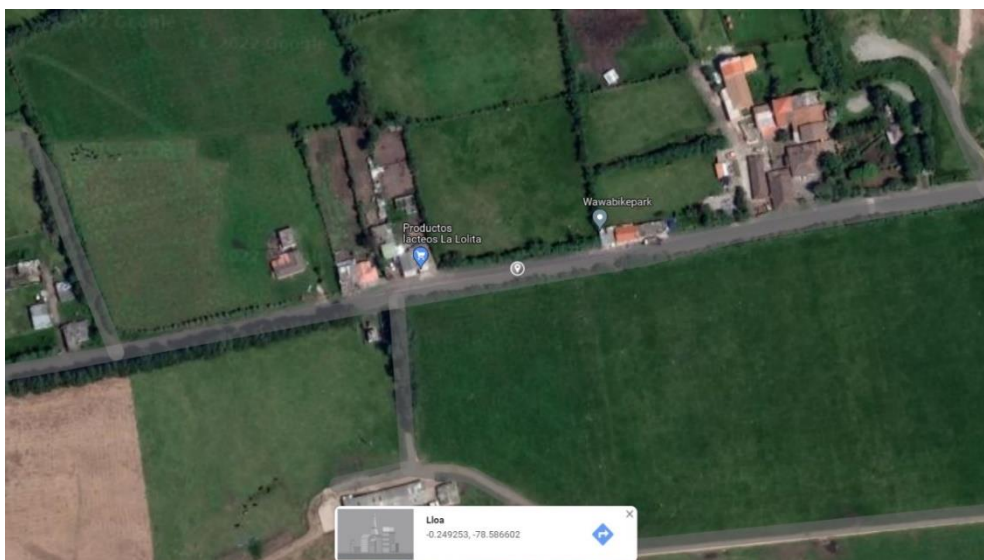


Ilustración 19. Calle Quito lugar donde se realizó las pruebas y toma de datos

Para poder realizar las pruebas lo más cercano a la realidad de la pista propuesta se utilizó una bicicleta de aluminio con un rin de 27” = 68.58cm, con un peso de 12.5 kg, peso del ciclista de 67 kg, peso de la rueda 2.5 kg y el radio del eje de la tuerca en la manzana de

0.45cm y como anteriormente mencionamos despreciando el rozamiento del aire, se realizaron las pruebas cuando no existía una mayor presencia de este.

El procedimiento que se realizó fue que dicha calle se separó en dos tramos consecutivos de 6 metros, el primero a 6m del punto de partida, la segunda a 12 metros, después de esto se esperó que el ciclista se detuviera para reportar la última marca que determinaría cuanta distancia lograba recorrer antes de detenerse, este procedimiento se realizó tres veces

En la primera sección de 6 metros se le solicitó al ciclista acelerar lo más rápido posible hasta llegar a la segunda sección, en esta sección se activaron los cronómetros, esto se realizó con dos cronómetros y dos personas diferentes para una mejor medición, se tomó el tiempo desde que entraba la primera rueda en la primera sección hasta que la primera rueda pasaba el final de la segunda sección con esto al nosotros definir una distancia tan corta podíamos asumir que nuestra velocidad era constante, por esta razón en esta sección se asumió un MRU para poder encontrar la velocidad a la cual se cruzó dicha zona, después de esto en la tercera sección se esperó a que el ciclista se detuviera y se midió la distancia en la cual se detuvo a partir del final de la segunda sección con esto supimos cuál es la distancia de frenado.

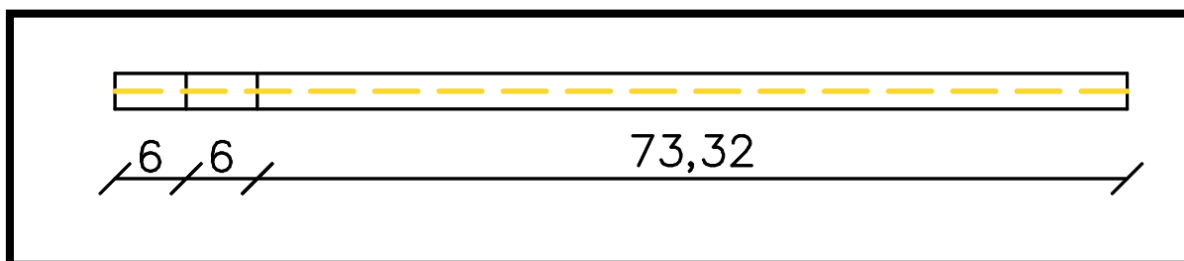


Ilustración 20. Distancias en cómo se dividió la calle Quito para tomar mediciones de campo

Al momento de realizar las mediciones se realizó la misma prueba 6 veces con el fin de que las medidas no estén dispersas y poder garantizar que la información que tomamos sean lo más cercanas a la realidad a continuación se presentan las tablas.

Tabla 23*Datos para pruebas*

Datos		
Peso de Ciclista	67	kg
Peso bicicleta	12,5	kg
Diametro reuda delantera	68,58	cm
Diametro rueda trasera	68,58	cm
Peso de la rueda	2,5	kg
Peso de bici mas persona	79,5	kg
Radio del eje de la tuerca	0,45	cm

Tabla 24*Tabla de resultados de pruebas para velocidad y distancia de frenado*

Prueba 1		
Distancia	6,000	m
Tiempo en seccion 2	1,100	seg
Velocidad	5,455	m/s
Distancia de frenado desde fianl seccion 2	72,180	m
Prueba 2		
Distancia	6,000	m
Tiempo en seccion 2	1,130	seg
Velocidad	5,310	m/s
Distancia de frenado desde fianl seccion 2	71,570	m
Prueba 3		
Distancia	6,000	m
Tiempo en seccion 2	1,045	seg
Velocidad	5,742	m/s
Distancia de frenado desde fianl seccion 2	84,340	m
Prueba 4		
Distancia	6,000	m
Tiempo en seccion 2	1,180	seg
Velocidad	5,085	m/s
Distancia de frenado desde fianl seccion 2	76,300	m
Prueba 5		
Distancia	6,000	m
Tiempo en seccion 2	1,000	seg
Velocidad	6,000	m/s
Distancia de frenado desde fianl seccion 2	67,800	m
Prueba 6		
Distancia	6,000	m
Tiempo en seccion 2	1,130	seg
Velocidad	5,310	m/s
Distancia de frenado desde fianl seccion 2	67,750	m
Promedios de las 6 pruebas		
Velocidad Media	5,483	m/s
Distancia de frenado	73,323	m

Una vez obtenido los datos de velocidad y distancia de frenado se realizaron los ensayos de bombeo para evidenciar cuanto avanza el ciclista con distintos bombeos para esta

prueba se solicitó al ciclista realizar 5 diferentes pruebas en cada una de ellas se realizarían 3 repeticiones de la prueba estas consistían en medir la distancia que avanza el ciclista con solo 1 bombeo , 2 bombeos y así sucesivamente hasta llegar a los 5 bombeos después de determinar cuánto avanza en cada número de bombeos podemos sacar la ecuación de la recta con la cual se podría definir cómo sería el comportamiento de los bombeos con respecto a la distancia alcanzada.

Tabla 25

Tabla de bombeos para definir la ecuación de la línea de bombeos.

1 Bombeo			
1ra prueba			
Distancia desde principio mecanica de bombeo		Distancia desde que se sube al finalizar bombeo	
7,35	m	5,5	m
2da prueba			
Distancia desde principio mecanica de bombeo		Distancia desde que se sube al finalizar bombeo	
7,24	m	5,6	m
3ra prueba			
Distancia desde principio mecanica de bombeo		Distancia desde que se sube al finalizar bombeo	
7,4	m	5,55	m
Promedios			
Distancia desde principio mecanica de bombeo		Distancia desde que se sube al finalizar bombeo	
7,33	m	5,55	m
2 Bombeo			
1ra prueba			
Distancia desde principio mecanica de bombeo		Distancia desde que se sube al finalizar bombeo	
8,51	m	5,4	m
2da prueba			
Distancia desde principio mecanica de bombeo		Distancia desde que se sube al finalizar bombeo	
8,75	m	5,5	m
3ra prueba			
Distancia desde principio mecanica de bombeo		Distancia desde que se sube al finalizar bombeo	
13,16	m	8,87	m
Promedios			
Distancia desde principio mecanica de bombeo		Distancia desde que se sube al finalizar bombeo	
10,14	m	6,59	m
3 Bombeo			
1ra prueba			
Distancia desde principio mecanica de bombeo		Distancia desde que se sube al finalizar bombeo	
8,06	m	3	m
2da prueba			
Distancia desde principio mecanica de bombeo		Distancia desde que se sube al finalizar bombeo	
7,34	m	2,04	m
3ra prueba			
Distancia desde principio mecanica de bombeo		Distancia desde que se sube al finalizar bombeo	
7,7	m	2,5	m
Promedios			
Distancia desde principio mecanica de bombeo		Distancia desde que se sube al finalizar bombeo	
7,7	m	2,513333333	m

4 Bombeo			
1ra prueba			
Distancia desde principio mecanica de bombeo		Distancia desde que se sube al finalizar bombeo	
17,04	m	9	m
2da prueba			
Distancia desde principio mecanica de bombeo		Distancia desde que se sube al finalizar bombeo	
13,88	m	6,57	m
3ra prueba			
Distancia desde principio mecanica de bombeo		Distancia desde que se sube al finalizar bombeo	
15,2	m	7,6	m
Promedios			
Distancia desde principio mecanica de bombeo		Distancia desde que se sube al finalizar bombeo	
15,37333333	m	7,723333333	m
5 Bombeo			
1ra prueba			
Distancia desde principio mecanica de bombeo		Distancia desde que se sube al finalizar bombeo	
16,4	m	6,4	m
2da prueba			
Distancia desde principio mecanica de bombeo		Distancia desde que se sube al finalizar bombeo	
17,37	m	6,93	m
3ra prueba			
Distancia desde principio mecanica de bombeo		Distancia desde que se sube al finalizar bombeo	
16,8	m	6,6	m
Promedios			
Distancia desde principio mecanica de bombeo		Distancia desde que se sube al finalizar bombeo	
16,85666667	m	6,643333333	m

Las pruebas se realizaron en 2 instantes claves cuando empieza toda la mecánica del bombeo y cuando la mecánica del bombeo está en su etapa final , para medidas más cercanas a la realidad y por conceptos de distancia con bombeos se tomó los valores de distancia recorrida con la mecánica completa, al momento de realizar el grafico de la línea de comportamiento se decide excluir al 3er bombeo ya que esta prueba nos otorga valores atípicos a las otras 4 mediciones de esta forma nosotros tomamos los valores del 1er, 2do, 4to y 5to bombeo para poder realizar nuestra gráfica y definir la ecuación de la recta.

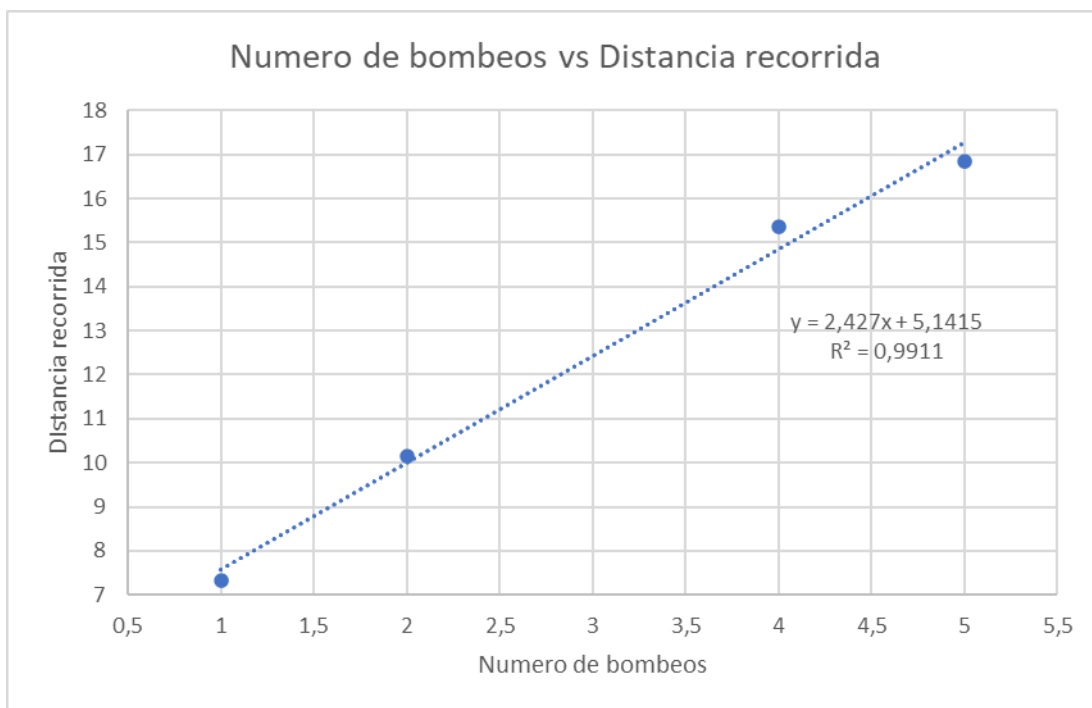


Ilustración 21. Ecuación de la recta de bombeos vs distancia

Una vez obtenida la ecuación de la recta de bombeos vs distancia recorrida se reemplazó número de bombeos para saber cuánta distancia va a recorrer la bicicleta debido a dicho bombeo para las ecuaciones antes propuestas

Evaluación de la ecuación con el 1er bombeo:

$$y = mx + b$$

$$y = 2.427(x) + 5.1415$$

$$y = 2.427(1) + 5.1415$$

$$y = 7.5685$$

$$y = db$$

$$db = 7.5685$$

De esta manera se evidencio que al realizar 1 bombeo el ciclista avanzara desde que se empieza la mecánica del bombeo hasta que se detiene totalmente 7.5685 m

Para realizar el diseño de los speed bumps se planteó 3 triángulos rectángulos mediante los cuales se determinó cual es efectivamente el ángulo necesario se utilizó para diseñar de manera precisa y eficiente los speed bumps

Para poder diseñar los speed bumps se tomó en cuenta las recomendaciones otorgadas por la página bestia bmx, la cual solicita definir un largo o base y una altura a la cual se propuso diseñar los speed bump, la operación realizamos es dividir la base para la altura esto reportara un numero el cual se debe encontrar dentro del rango recomendado que es entre 8 y 12.

Para la pista se determinó la base de los speed bumps constantes, con cambios en las alturas de los mismos y sus configuraciones, es decir en unas zonas tendremos hasta 6 speed bumps seguidos mientras que en otras zonas tendremos tan solo 4 de esta manera nosotros escogimos de base 400 cm y de alturas variables comprendidas entre 40cm , 45cm y 50cm con lo cual se cumplió las recomendaciones realizadas por el sitio bestia bmx con la relación base con altura está dentro de los rangos determinados.

$$R = \frac{400}{50} = 8$$

$$R = \frac{400}{45} = 8.889$$

$$R = \frac{400}{40} = 10$$

Donde:

R = Relacion base y altura.

El siguiente paso es calcular el ángulo necesario para poder realizar el speed bump para esto se formó un triángulo rectángulo entre la altura del speed bump y la mitad de la longitud del speed bump de esta forma nosotros debemos calcular el ángulo correspondiente al cateto en el cual se sitúa la altura del speed bump.

Se tomo la base de 400cm y la altura de 50cm, 45cm y 40cm para poder evidenciar como varia este ángulo y se realizó el cálculo de estos con trigonometría básica.

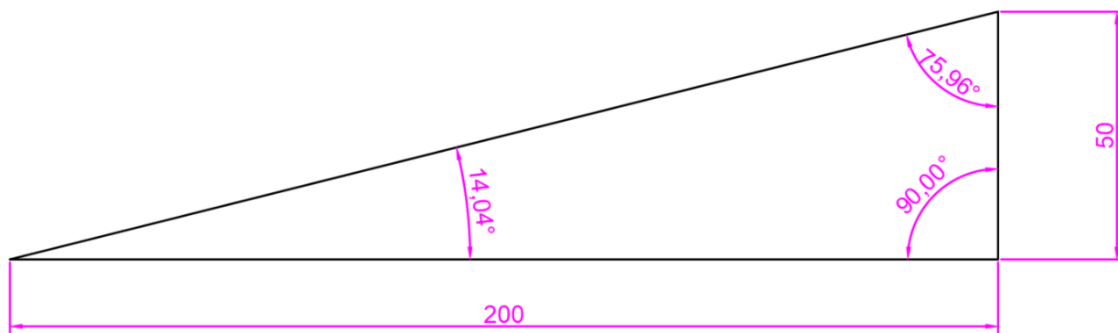


Ilustración 22. Triangulo rectángulo speed bump 400 y 50

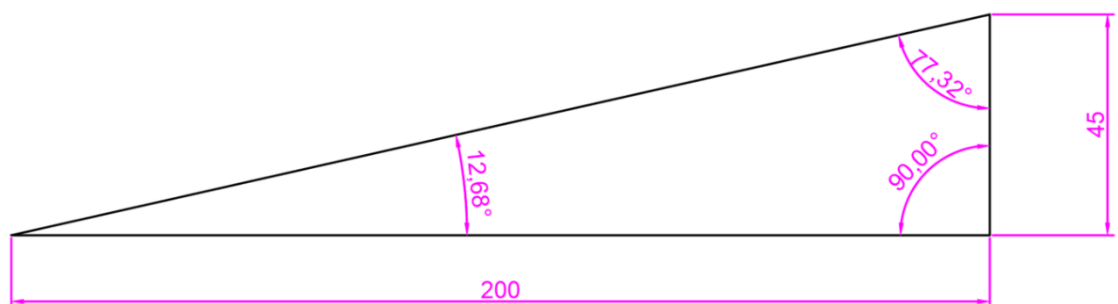


Ilustración 23. Triangulo rectángulo speed bump 400 y 45

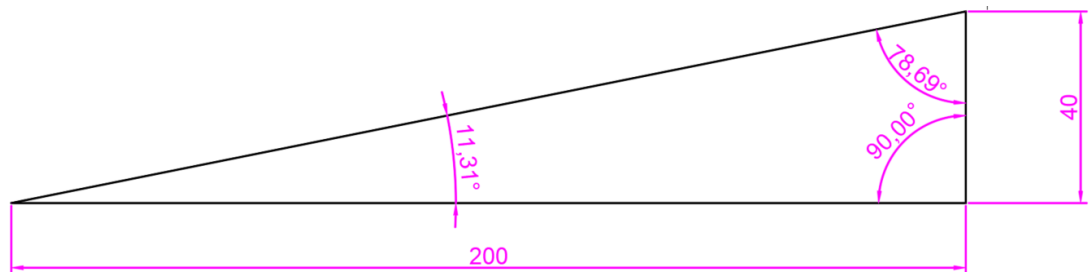


Ilustración 24. Triangulo rectángulo speed bump 400 y 40

Al conocer el cateto adyacente y el cateto opuesto se utilizó la función trigonométrica tangente para encontrar el ángulo necesario, en este caso el ángulo correspondiente a la altura del speed bump

$$\tan \theta_1 = \frac{\text{Cateto Opuesto}}{\text{Cateto Adyacente}}$$

$$\theta_1 = \tan^{-1}\left(\frac{\text{Cateto Opuesto}}{\text{Cateto Adyacente}}\right)$$

$$\theta_1 = \tan^{-1}\left(\frac{50}{200}\right)$$

$$\theta_1 = 14.04^\circ$$

$$\theta_2 = \tan^{-1}\left(\frac{45}{200}\right)$$

$$\theta_2 = 12.68^\circ$$

$$\theta_3 = \tan^{-1}\left(\frac{40}{200}\right)$$

$$\theta_3 = 11.31^\circ$$

Una vez obtenidos todos los ángulos de los 3 diferentes speed bumps debemos tomar ese ángulo y multiplicarlo por 2 para armar el segundo triángulo rectángulo en base al cateto adyacente y el ángulo conocido

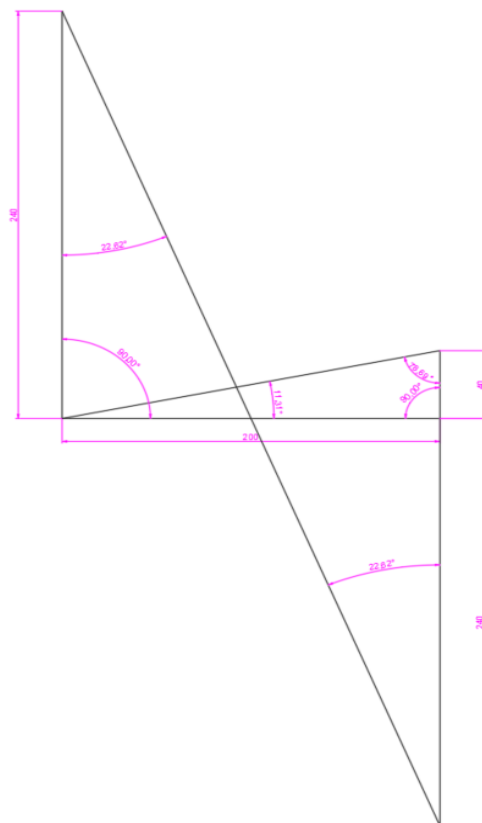


Ilustración 25. Triángulo rectángulo formado con el doble del ángulo obtenido para speed bump de 400 y 40

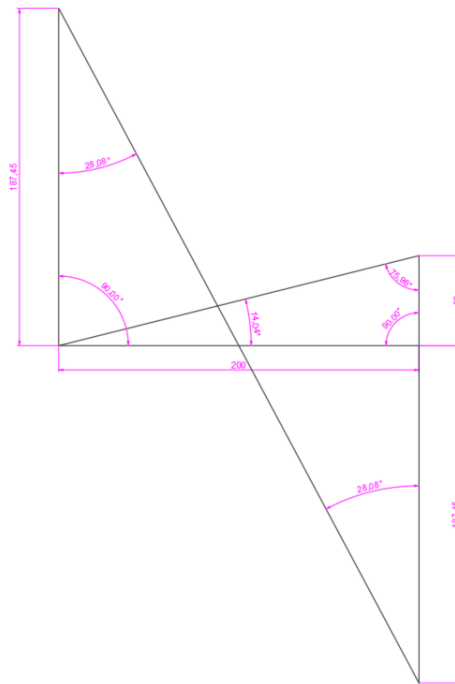


Ilustración 26. Triángulo rectángulo formado con el doble del ángulo obtenido para speed bump de 400 y 50

Una vez obtenidos los triángulos rectángulos a partir del ángulo encontrado se eliminó el primer triángulo rectángulo que creamos y se consideró que la altura intermedia de transición debe estar entre los 9 y 15 cm medidos desde la parte alta del speed bump para poder realizar los cálculos en los 3 casos realizamos triángulos rectángulos buscando que el radio de la curva del triángulo rectángulo superior sea mayor al inferior, ya que la bicicleta debe tener el suficiente espacio para lograr entrar al siguiente speed bump.

Para poder determinar cuál es el radio necesario la página bestia bmx da una relación la cual podemos tomar que es en base al ángulo encontrado, se divide el cateto adyacente para el cateto opuesto y esta relación nos debe dar un valor de 2.6 esto afecta ya sea si se aumenta o se disminuye el valor de cualquiera de estos catetos y esto repercutirá directamente en el radio de los speed bumps

Para este caso en el speed bump de base 400 y altura 50 se escogió una altura intermedia de 35 cm es decir medido desde la parte alta del speed bump hacia abajo 15cm después de seleccionar nuestra altura intermedia , se realizó una interacción hasta que la hipotenusa del triángulo rectángulo formado en la altura intermedia sea igual a la altura del triángulo rectángulo exterior para esto se realizó los siguientes cálculos partiendo de la altura

media y ángulo ya conocido , con esto el valor que se iteró fue el valor de la hipotenusa del triángulo rectángulo formado con la altura intermedia

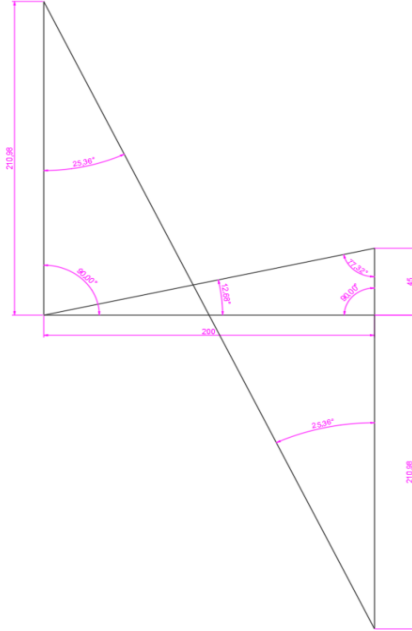


Ilustración 27. Triángulo rectángulo formado con el doble del ángulo obtenido para speed bump de 400 y 45

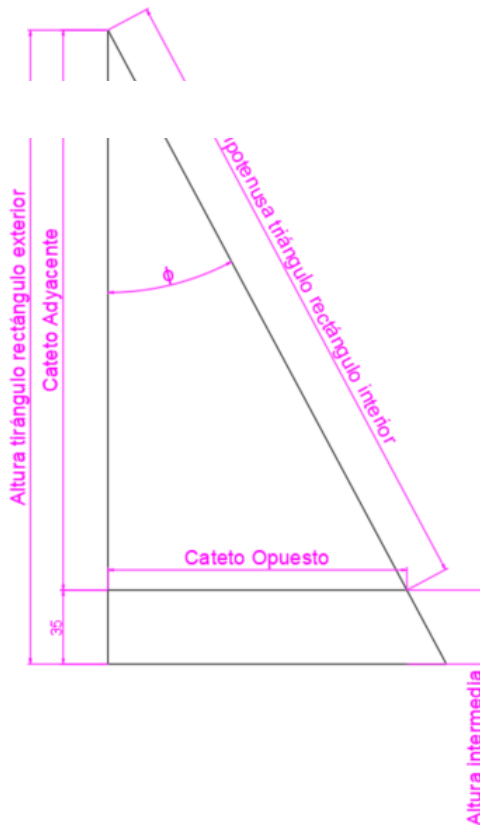


Ilustración 28. Triángulos rectángulos base para iteración

$$\phi_1 = 2 * \theta_1$$

$$\phi_1 = 28.08^\circ$$

$$\text{Altura intermedia} = 50\text{cm} - 15\text{cm} = 35\text{cm}$$

$$\text{Hipotenusa interior} = 300\text{cm (asumo)}$$

$$\cos \phi_1 = \frac{\text{Cateto Adyacente}}{\text{Hipotenusa interior}}$$

$$\text{Hipotenusa interior} * \cos \phi_1 = \text{Cateto Adyacente}$$

$$\text{Cateto Adyacente} = 300 * \cos(28.08^\circ)$$

$$\text{Cateto Adyacente} = 264.69 \text{ cm}$$

$$\text{Altura exterior} = \text{Cateto Adyacente} + \text{Altura intermedia}$$

$$\text{Altura exterior} = 264.69 \text{ cm} + 35 \text{ cm}$$

$$\text{Altura exterior} = 299.69 \text{ cm}$$

$$\text{Altura exterior} \cong \text{Hipotenusa interior}$$

Una vez evidenciado como se procede para calcular el radio de los speed bumps que en este caso viene a ser la hipotenusa interior y la altura exterior, procedemos a realizar las mismas interacciones para los siguientes speed bumps, para el de altura de 45 cm se tomó una altura intermedia de 30 cm es decir 15cm medido desde la parte más alta del speed bump y para el de altura de 40 cm se tomó una altura intermedia de 28cm es decir 12cm medido desde la parte más alta del speed bump con lo cual realizamos los siguientes gráficos

$$\phi_2 = 2 * \theta_2$$

$$\phi_2 = 25.36^\circ$$

$$\text{Altura intermedia} = 45\text{cm} - 15\text{cm} = 30\text{cm}$$

$$\text{Hipotenusa interior} = 305\text{cm (asumo)}$$

$$\cos \phi_2 = \frac{\text{Cateto Adyacente}}{\text{Hipotenusa interior}}$$

$$\text{Hipotenusa interior} * \cos \phi_2 = \text{Cateto Adyacente}$$

$$\text{Cateto Adyacente} = 305 * \cos(25.36^\circ)$$

$$\text{Cateto Adyacente} = 275.61 \text{ cm}$$

$$\text{Altura exterior} = \text{Cateto Adyacente} + \text{Altura intermedia}$$

$$\text{Altura exterior} = 275.61 \text{ cm} + 30 \text{ cm}$$

$$\text{Altura exterior} = 305.61 \text{ cm}$$

$$\text{Altura exterior} \cong \text{Hipotenusa interior}$$

$$\phi_3 = 2 * \theta_3$$

$$\phi_3 = 22.62^\circ$$

$$\text{Altura intermedia} = 40 \text{ cm} - 12 \text{ cm} = 28 \text{ cm}$$

$$\text{Hipotenusa interior} = 360 \text{ cm (asumo)}$$

$$\cos \phi_3 = \frac{\text{Cateto Adyacente}}{\text{Hipotenusa interior}}$$

$$\text{Hipotenusa interior} * \cos \phi_3 = \text{Cateto Adyacente}$$

$$\text{Cateto Adyacente} = 360 * \cos(22.62^\circ)$$

$$\text{Cateto Adyacente} = 332.31 \text{ cm}$$

$$\text{Altura exterior} = \text{Cateto Adyacente} + \text{Altura intermedia}$$

$$\text{Altura exterior} = 332.31 \text{ cm} + 28 \text{ cm}$$

$$\text{Altura exterior} = 360.31 \text{ cm}$$

$$\text{Altura exterior} \cong \text{Hipotenusa interior}$$

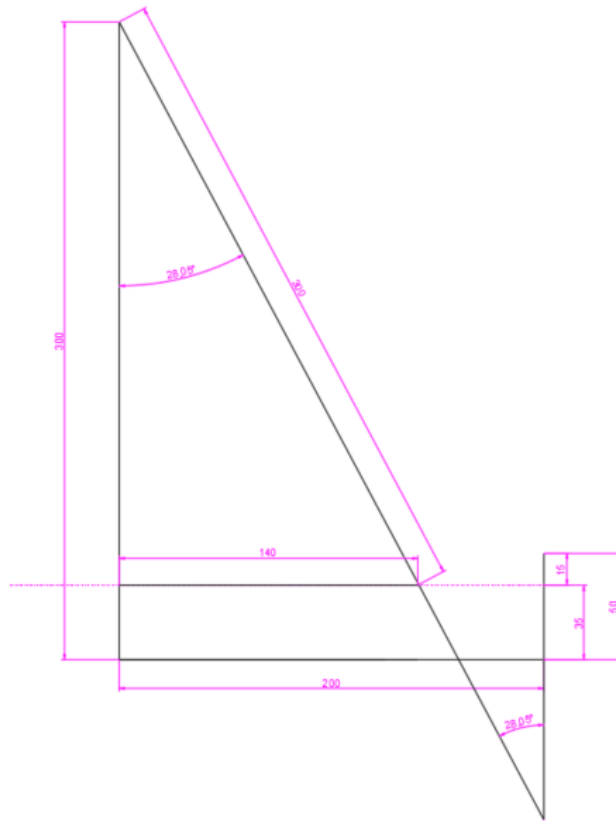


Ilustración 29. Triángulo rectángulo para altura intermedia de 35cm y Ø1 para un speed bump de 400 y 50

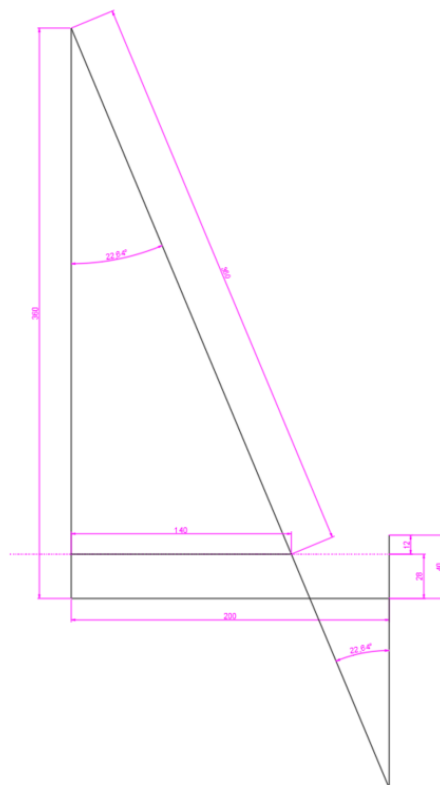


Ilustración 30. Triángulo rectángulo para altura intermedia de 30cm y Ø2 para un speed bump de 400 y 45

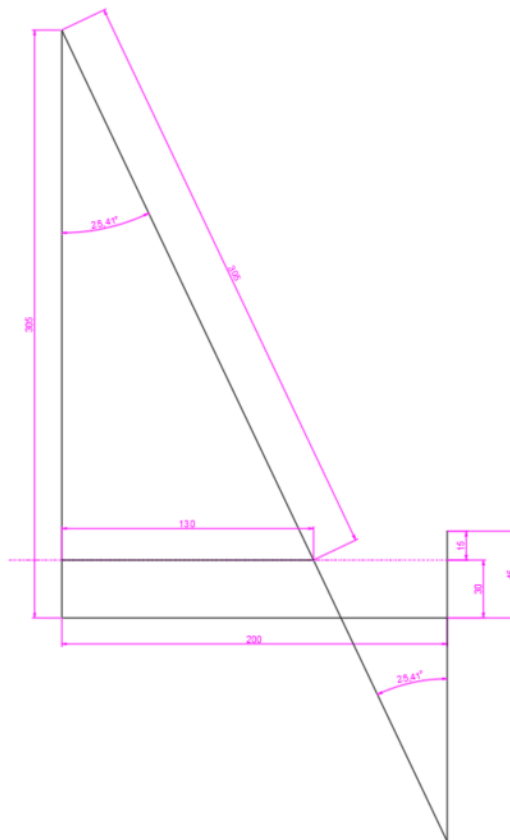


Ilustración 31. Triángulo rectángulo para altura intermedia de 28cm y Ø3 para un speed bump de 400 y 40

Después de realizar los trazos antes expuestos lo siguiente es unir los 2 puntos mediante un arco es decir haciendo centro en el ángulo \emptyset se trazó un arco hasta unir los puntos de la hipotenusa interior y la altura exterior en la siguiente ilustración se lo detalla con color azul y el mismo procedimiento se realiza con los triángulos de la parte inferior en la siguiente ilustración se lo detalla de color verde de esta manera se conectan y se forma la mitad del speed bump, una vez realizado esto en un lado lo replicamos como espejo para tener formado el speed bump completo como se muestra a continuación.

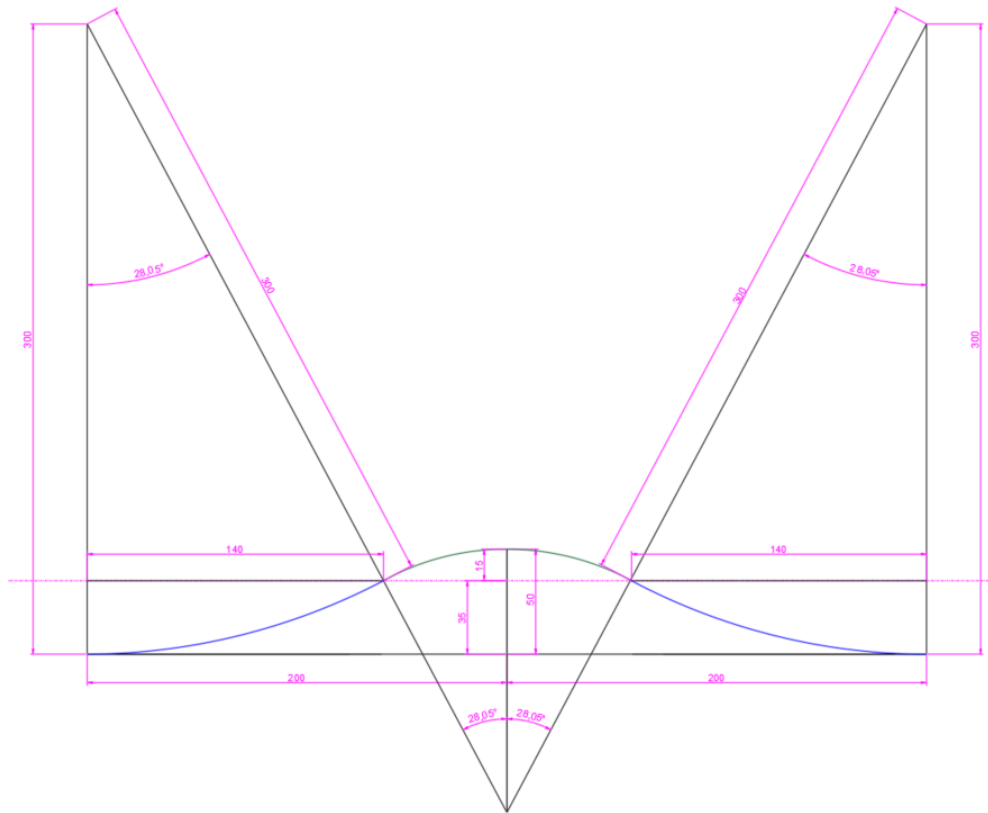


Ilustración 32. *Speed bump completo con base de 400cm y altura de 50cm, altura*

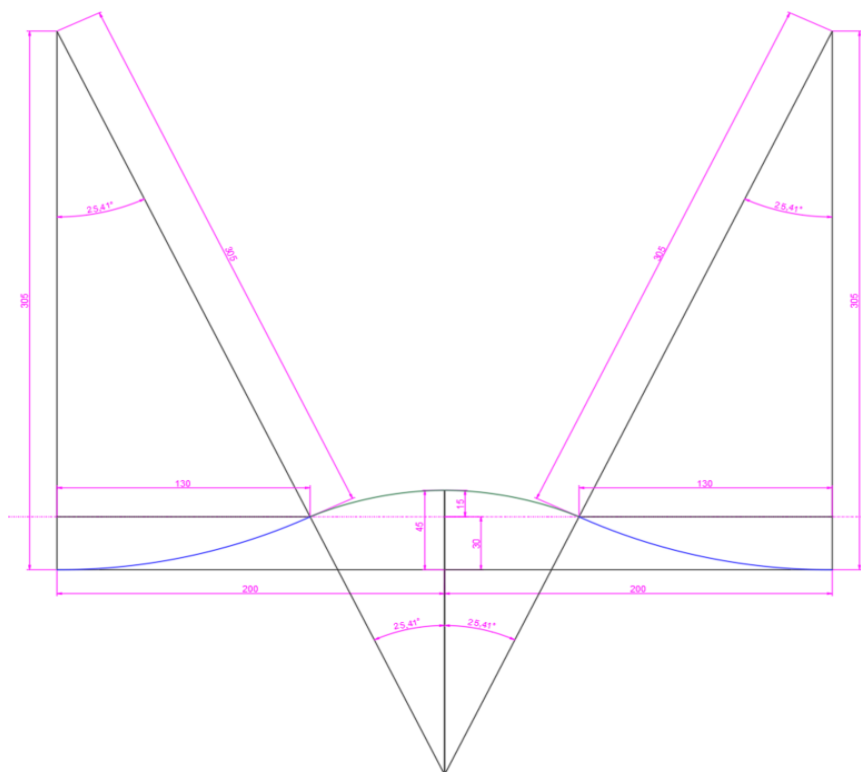


Ilustración 33. *Speed bump completo con base de 400cm y altura de 45cm, altura*

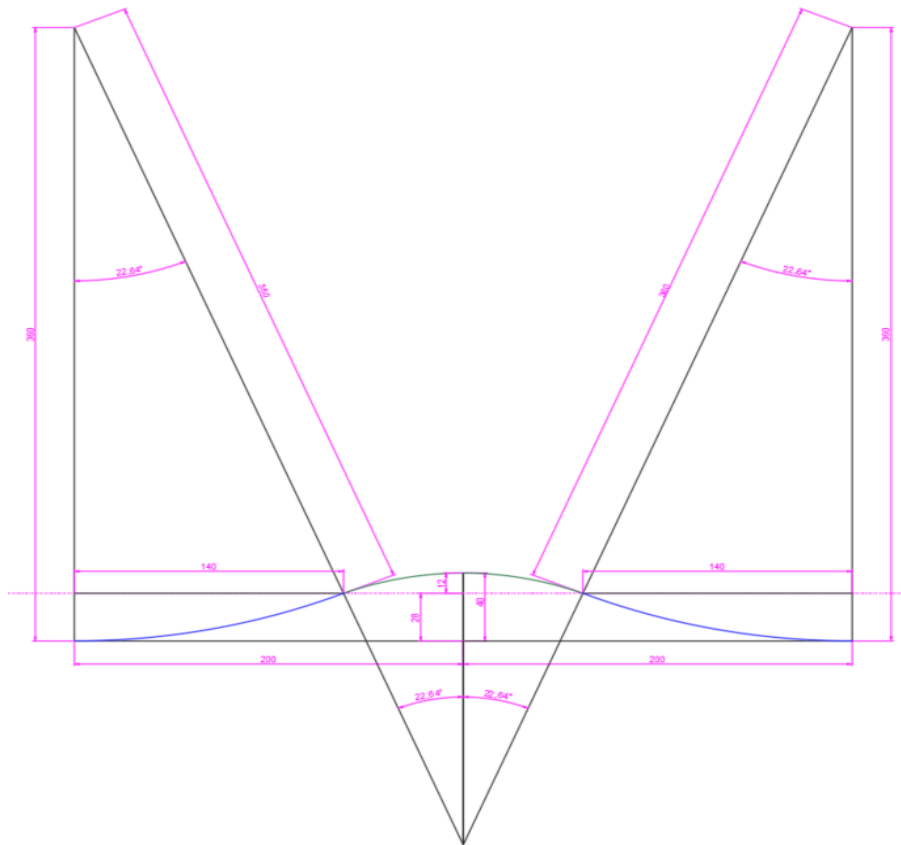


Ilustración 34. Speed bump continuo para reducir la base de 2 speed bumps seguidos

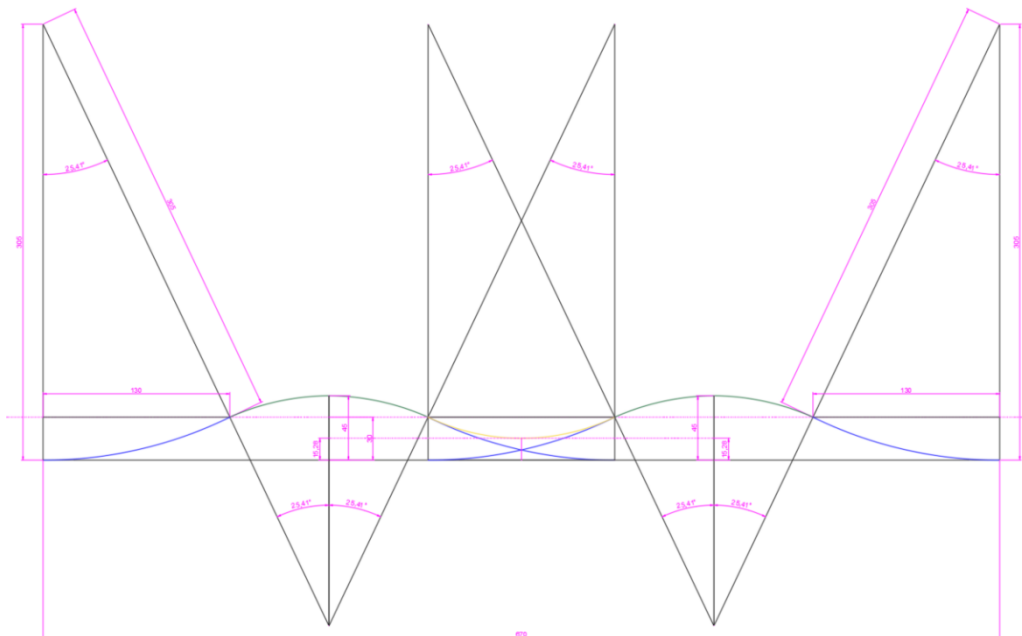


Ilustración 35. Speed bump completo con base de 400cm y altura de 40cm, altura intermedia 28cm y Ø3

Una vez obtenidos los speed bumps se tuvo cuenta algunas consideraciones como por ejemplo en algunos casos en los que los speed bumps no puedan estar muy separados es decir cada 4m se puede concatenar speed bumps de esta manera se reduce su largo hasta aproximadamente en un 20% esto cambien dependerá de la altura del speed bump y base del mismo en nuestro caso se determinó una reducción del 16.25% que son aproximadamente 1.3 m al momento de entrelazar los speed bumps generamos una altura intermedia en la cual ayuda a reducir el espacio entre los mismos con esto se mantuvo el dinamismo de la pista.

Una vez definido esto se calculó el peralte que necesitaran las curvas para que los ciclistas puedan mantener la dirección y sentido de la pista en este caso debemos estar conscientes que al ser una pista de bicicletas la física que se utilizara será la misma de carreteras, pero con ciertas consideraciones apropiadas para no perder velocidad en la pista.

Para este caso se calculó el peralte necesario para la pista como si se tratara de un auto, pero cabe recalcar que en este caso se tomó en cuenta al ángulo del peralte, pero en este ángulo que se definió se deberá realizar un arco, esto con el fin de que los ciclistas se puedan pegar más hacia la pista, esto se debe a que la bicicleta es un monociclo es decir solo posee 2 ruedas la trasera y delantera debido a esto es posible generar esa curvatura en la pista deseada.

En la página *bestia bmx* se recomienda que la curva no tenga un radio mayor a 5 metros y que la altura del mismo no sea mayor de 90cm, en el ancho se debe considerar que la parte inferior sea lo suficientemente grande para que se acople a nuestra pista y la última consideración a tomar en cuenta es que se debe seccionar a nuestra curva en ángulos para transición no mayores a 25° y en la parte después de la transición en ángulos de 7.5° hasta 15° esto se realiza por facilidad constructiva ya que para generar la curva deseada los procedimientos de asfaltado se realizan de manera manual

En base a las recomendaciones realizadas se decidió tomar de base 180 cm que es el ancho de la pista, de altura decidimos tomar una altura de 85 cm con esto se supo cuál es el valor el cual se forma entre la base y la altura se usó trigonometría como se realizó anteriormente encontramos que el valor es de 25.8 aproximadamente para fines constructivos nosotros lo tomamos como 25° .

$$\tan B = \frac{\text{Cateto Opuesto}}{\text{Cateto Adyacente}}$$

$$\tan B = \frac{85}{180}$$

$$B = \tan^{-1}\left(\frac{85}{180}\right)$$

$$B = 25.277^\circ$$

$$B \cong 25^\circ$$

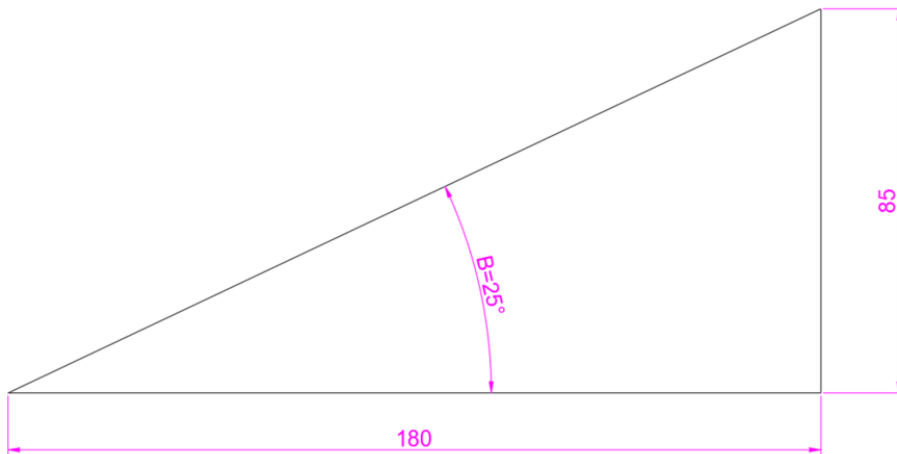


Ilustración 36. *Angulo necesario para poder calcular peralte*

Una vez realizado esto se procedió a realizar un diagrama de cuerpo libre en el cual se analiza al cuerpo con todas las fuerzas que actúan sobre el mismo en este caso se realizó sumatoria de fuerzas tanto en el sentido x, como en y, teniendo en cuenta la fuerza que realiza la fricción y el cuerpo está siendo acelerado con lo cual llegamos al siguiente diagrama de cuerpo libre, para el análisis se representará al sistema persona-bicicleta con un cubo el cual estará ubicado en el sistema y en la superficie de rodadura

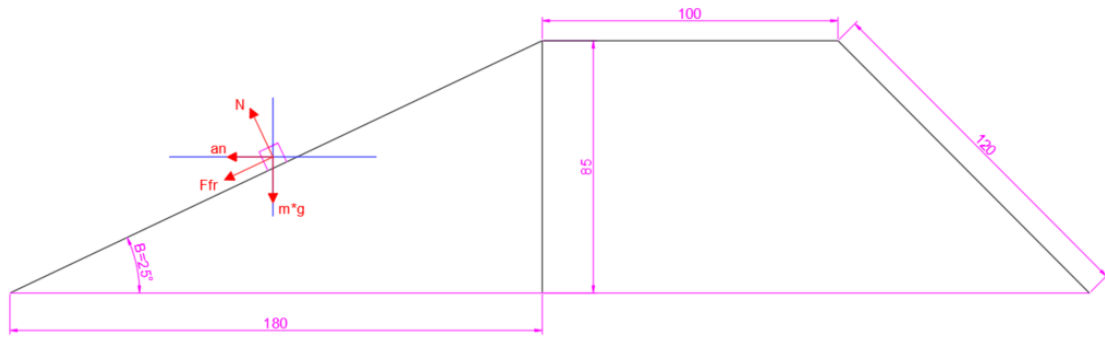


Ilustración 37. Diagrama de cuerpo libre de fuerzas en ejes locales que actúan sobre el cuerpo en la curva

Una vez dibujadas todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo se procede a descomponer a las mismas para trabajar en ejes globales de esta manera se evitó confusiones ya que si se trabaja con el eje local se tendría muchas más cosas en consideración, en este caso se evidencio que tenemos sumatoria de 3 fuerzas en x y 3 fuerzas en y, las fuerzas que se descompusieron fueron la fuerza de fricción y la normal.

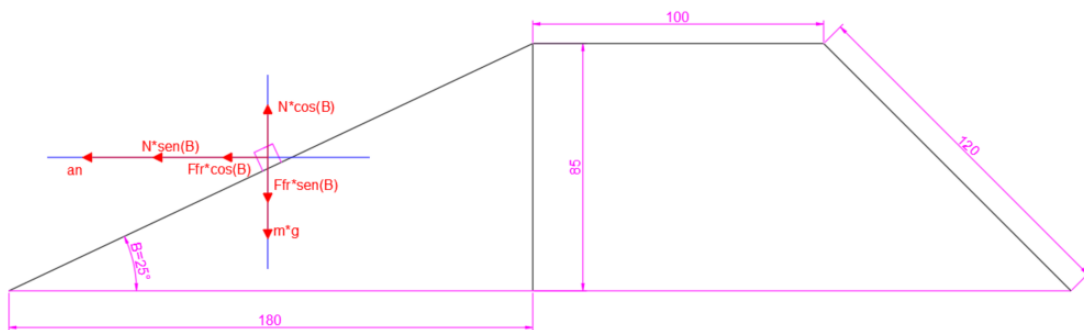


Ilustración 38. Diagrama de cuerpo libre de fuerzas en ejes globales que actúan sobre el cuerpo en la curva

Una vez teniendo las fuerzas y el ángulo se procedió a realizar la sumatoria de fuerzas en dirección “X” hacia la derecha positivo y dirección “Y” hacia arriba positivo.

Sabiendo que

$$F_{FR} = \mu * N$$

$$an = \frac{V^2}{R}$$

$$\sum F_x = -m * an$$

$$N * \sin(\beta) + F_{FR} * \cos(\beta) = m * \frac{V^2}{R}$$

$$N(\sin(\beta) + \mu * \cos(\beta)) = m * \frac{V^2}{R}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$N * \cos(\beta) - F_{FR} * \sin(\beta) - m * g = 0$$

$$N(\cos(\beta) - \mu * \sin(\beta)) = m * g$$

$$m = \frac{N(\cos(\beta) - \mu * \sin(\beta))}{g}$$

Remplazo m en la ecuación de la sumatoria de fuerzas en “X”

$$N(\sin(\beta) + \mu * \cos(\beta)) = \left(\frac{N(\cos(\beta) - \mu * \sin(\beta))}{g} \right) * \frac{V^2}{R}$$

$$V = \sqrt{R * g * \frac{\sin(\beta) + \mu * \cos(\beta)}{\cos(\beta) - \mu * \sin(\beta)}}$$

Donde:

$V =$ *Velocidad máxima*

$R =$ *Radio exterior de la curva*

$g =$ *gravedad*

$\mu =$ *coeficiente de rozamiento estatico*

$\beta =$ *angulo del peralte*

Después de haber demostrado la fórmula que utilizamos para conocer la velocidad máxima en la cual el ciclista podría tomar la curva de forma segura procedimos a evaluar 3 diferentes escenarios con 3 ángulos diferentes debido a que la curva es en forma de arco, se evidencio como el cambio de ángulos puede afectar en la velocidad máxima en la que se tome la curva de manera segura

Con la fórmula de fricción antes plateada se calculó la fuerza de fricción en base a las masas, radio del eje, radio de las ruedas y la velocidad promedio encontrada en los ensayos antes descritos

$$F_{FR} = \frac{R * (Mb + 2Mr) * V^2}{Reje * d * 2}$$

Donde:

$$Mb = 79.5 \text{ kg}$$

$$Mr = 2.5 \text{ kg}$$

$$R = 0.3429 \text{ m}$$

$$Reje = 0.0045 \text{ m}$$

$$d = 73.323 \text{ m}$$

$$V = 5.483 \text{ m/s}$$

$$F_{FR} = \frac{0.3429 * (79.5 + (2 * 2.5)) * (5.483)^2}{0.0045 * 73.323 * 2}$$

$$F_{FR} = 1320.1977 \text{ Newtons}$$

Una vez conocida cual es la fuerza de fricción procedimos a encontrar el valor del coeficiente de rozamiento estático con lo cual una vez conocido este valor se remplazó en la formula y encontrar cual es la velocidad máxima en la que se puede tomar la curva.

$$F_{FR} = \mu * N$$

$$\mu = \frac{F_{FR}}{N}$$

$$N = Mb * g$$

$$N = 79.5 * 9.8066$$

$$N = 779.6247 \text{ Newtons}$$

$$\mu = \frac{1320.1977}{779.6247}$$

$$\mu = 1.69338$$

Se justificó el coeficiente de rozamiento con un valor tan elevado ya que al hacer contacto la bicicleta más el peso de la persona en el asfalto es mucho menor que el contacto que realiza un auto con el asfalto por eso y mediante las fórmulas físicas se puede justificar que el valor de coeficiente de rozamiento estático sea de un valor alto

Se determinó el ángulo en el cual está la inclinación del peralte, gravedad y radio de la curva podemos calcular cual va a ser el valor de velocidad máxima a la cual pueden circular las bicicletas por el pump track y asegurar que nuestro diseño es confiable y sobre todo prioriza la seguridad de los usuarios

$$V = \sqrt{R * g * \frac{\sin(\beta) + \mu * \cos(\beta)}{\cos(\beta) - \mu * \sin(\beta)}}$$

Donde:

$$\beta = 25^\circ$$

$$g = 9.8066 \text{ m/s}^2$$

$$R = 4.60 \text{ m}$$

$$V = \sqrt{4.60 * 9.8066 * \frac{\sin(25^\circ) + (1.69338 * \cos(25^\circ))}{\cos(25^\circ) - (1.69338 * \sin(25^\circ))}}$$

$$V = 21.5203 \text{ m/s}$$

Con esta información de velocidad máxima se realizó la curvatura necesaria para que nuestra pista sea estable y sobre todo los ciclistas estén seguros al momento de utilizar la pista y no exista ningún inconveniente, la página *bestia bmx* nos recomienda que para realizar la curvatura se tome en cuenta ángulos de entre 50° y 70° , para lo cual se posee del valor de un lado del triángulo y un ángulo, para poder formar el arco necesario el triángulo que se forma es un triángulo isósceles debido a que para formar el ángulo los otros dos lados serán los radios de un círculo por lo cual se asumió que los otros dos ángulos son iguales

A continuación, y siguiendo las recomendaciones se tomó un valor de 50° ya que con este valor para nuestras dimensiones el arco formado tiene la suficiente caída para que conduzca el agua en caso de una lluvia he evitar inundaciones y sobre todo mantener la seguridad de los ciclistas al momento de utilizarla.

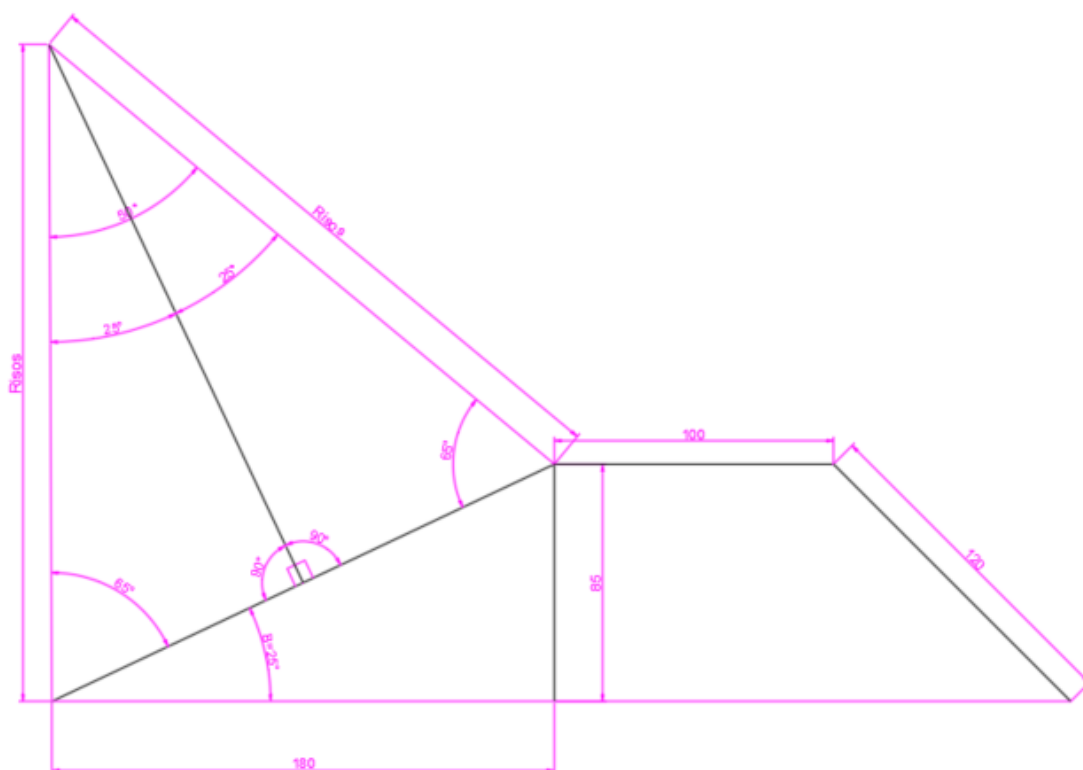


Ilustración 39. Formación de triángulo isósceles a partir de un ángulo de 50° y el valor de un lado del triángulo

En base al triángulo isósceles que se formó se calculó el valor de los radios del círculo que en este caso serán los lados iguales del triángulo isósceles para esto se utilizó la ley de senos la cual consiste en dividir el seno del ángulo conocido sobre el lado opuesto a dicho ángulo he igualarlo de igual manera con otro ángulo y lado opuesto una vez realizado este procedimiento se conectó el arco con los 2 radios formando un sector circular.

$$\frac{\sin(50)}{\sqrt{180^2 + 85^2}} = \frac{\sin(65)}{Risos}$$

$$Risos = \frac{\sin(65) * \sqrt{180^2 + 85^2}}{\sin(50)}$$

$$Risos = 235.50 \text{ cm}$$

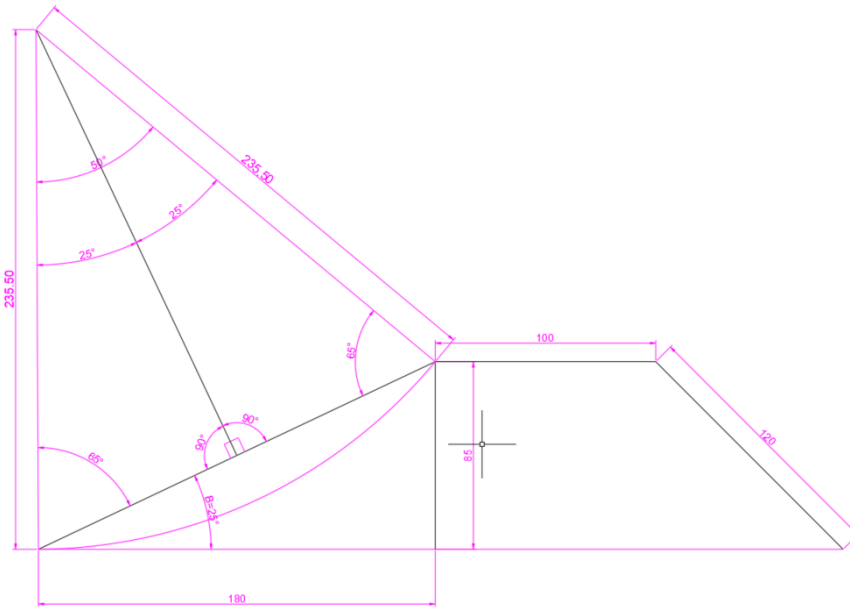


Ilustración 40. *Formación de la curvatura a base de un triángulo isósceles*

Después de haber realizado la curvatura para mayor seguridad se analizó un punto tangente de la curva con el ancho de la rueda y realizar la misma sumatoria de fuerzas, para este caso se analizará el diámetro de una bicicleta de 27" la cual tiene un ancho de 7cm aproximadamente el ancho puede variar de entre 4 cm a 8 cm, de esta manera los 3 cuadrados dibujados en las curvas asemejan el ancho de la rueda y entran perfectamente en un punto tangente



Ilustración 41. *Ancho de la rueda de una bicicleta de 27"*

Una vez definido el ancho de la rueda de la bicicleta como aproximadamente 7 cm se colocó diagramas de cuerpo libre en 3 partes de la curva, en la más baja, intermedia y la más alta para garantizar que los ciclistas no tendrán ningún tipo de problema al momento de tomar la curva en este caso se analizó con ángulos de peralte de 8.72° en la parte más baja, 25.21° en la parte intermedia y 44.50° en la parte más alta.

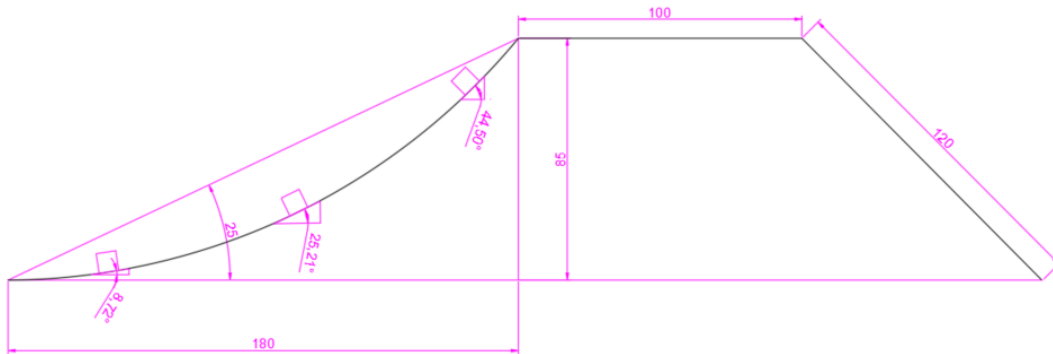


Ilustración 42. Análisis de velocidades en nivel bajo, intermedio y alto de la curva

Se realizó los cálculos como los expuestos anterior mente con el coeficiente de rozamiento estático antes determinado el radio de la curva variará para la parte más baja el radio será de aproximadamente 280cm, parte intermedia de 370cm y parte superior de 440cm

Análisis de la parte más baja de la curva

Donde:

$$\beta = 8.72^\circ$$

$$g = 9.8066 \text{ m/s}^2$$

$$R = 2.80 \text{ m}$$

$$V = \sqrt{2.80 * 9.8066 * \frac{\sin(8.72^\circ) + (1.69338 * \cos(8.72^\circ))}{\cos(8.72^\circ) - (1.69338 * \sin(8.72^\circ))}}$$

$$V = 8.2765 \text{ m/s}$$

Análisis de la parte intermedia de la curva

Donde:

$$\beta = 25.21^\circ$$

$$g = 9.8066 \text{ m/s}^2$$

$$R = 3.70 \text{ m}$$

$$V = \sqrt{3.70 * 9.8066 * \frac{\sin(25.21^\circ) + (1.69338 * \cos(25.21^\circ))}{\cos(25.21^\circ) - (1.69338 * \sin(25.21^\circ))}}$$

$$V = 19.6778 \text{ m/s}$$

En la siguiente ecuación la velocidad depende de 4 factores que son radio de la curva, gravedad, ángulo de peralte y coeficiente de fricción estático, como sabemos el valor dentro de una raíz cuadrada no puede ser negativo ya que estaríamos incurriendo en los números imaginarios de esta manera se igualó el denominador a 0 para observar cual es el valor máximo de un ángulo que podremos tener con el coeficiente de fricción estático antes calculado.

$$V = \sqrt{R * g * \frac{\sin(\beta) + \mu * \cos(\beta)}{\cos(\beta) - \mu * \sin(\beta)}}$$

$$\cos(\beta) - \mu * \sin(\beta) = 0$$

$$\cos(\beta) = \mu * \sin(\beta)$$

$$\mu = \frac{\cos(\beta)}{\sin(\beta)}$$

$$\mu = \frac{1}{\tan(\beta)}$$

$$\beta = \tan^{-1}\left(\frac{1}{\mu}\right)$$

$$\beta = \tan^{-1}\left(\frac{1}{1.69338}\right)$$

$$\beta = 30.56334$$

Para este caso se realizó la comprobación de dicho ángulo con el caso más crítico de los 3 en este caso fue cuando el radio es el menor es decir en el caso de la parte más baja de la curva utilizaremos el valor de 30.5633° ya que si utilizamos el valor completo tendremos una división para cero y en este caso se podría resolverla por esta razón se utilizó el valor más cercano

$$V = \sqrt{2.80 * 9.8066 * \frac{\sin(30.5633^\circ) + (1.69338 * \cos(30.5633^\circ))}{\cos(30.5633^\circ) - (1.69338 * \sin(30.5633^\circ))}}$$

$$V = 6836.4831 \text{ m/s}$$

Una vez evidenciado estos valores se descartó el análisis del tercer caso en la parte superior de la curva ya que si cumplirá con los requerimientos en este caso se analizó el punto más desfavorable es decir con el menor radio y el ángulo más bajo posible en este caso lo analizaremos con un radio de 280cm y un ángulo de 1°

$$V = \sqrt{2.80 * 9.8066 * \frac{\sin(1^\circ) + (1.69338 * \cos(1^\circ))}{\cos(1^\circ) - (1.69338 * \sin(1^\circ))}}$$

$$V = 6.9576 \text{ m/s}$$

Una vez verificadas las velocidades máximas de las curva grande se realizó el diseño del peralte de las curvas de las transiciones de pista a pista , como se trata de un mismo sistema tomaremos la misma geometría en este caso la curva tendrá un radio exterior de 7.60m, radio intermedio 6.7m y de radio interior 5.8m. al tratarse de la misma curva se analizó los mismos ángulos antes propuestos para la parte baja intermedia y alta de la curva incluyendo el caso más crítico y se utilizaran las mismas transiciones que para la curva grande

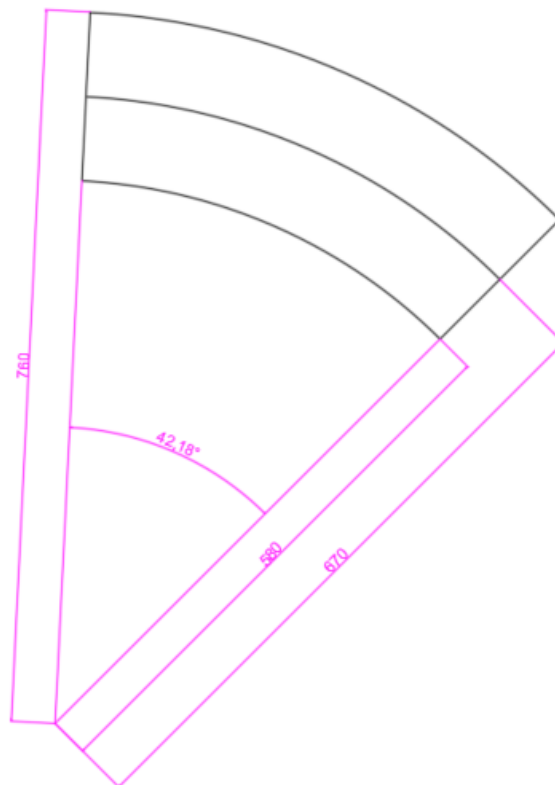


Ilustración 43. Curva de transiciones de pista a pista

Donde:

$$\beta = 8.72^\circ$$

$$g = 9.8066 \text{ m/s}^2$$

$$R = 5.80 \text{ m}$$

$$V = \sqrt{5.80 * 9.8066 * \frac{\sin(8.72^\circ) + (1.69338 * \cos(8.72^\circ))}{\cos(8.72^\circ) - (1.69338 * \sin(8.72^\circ))}}$$

$$V = 11.9079 \text{ m/s}$$

Análisis de la parte intermedia de la curva

Donde:

$$\beta = 25.21^\circ$$

$$g = 9.8066 \text{ m/s}^2$$

$$R = 6.70 \text{ m}$$

$$V = \sqrt{6.70 * 9.8066 * \frac{\sin(25.21^\circ) + (1.69338 * \cos(25.21^\circ))}{\cos(25.21^\circ) - (1.69338 * \sin(25.21^\circ))}}$$

$$V = 26.4708 \text{ m/s}$$

Como sabemos en nuestro caso pasado un ángulo de 30.56334° el calculo de la velocidad máxima es irrelevante por lo cual se decidió calcular el caso más crítico con el menor radio posible en este caso 5.80m

Análisis del caso más crítico

$$\beta = 1^\circ$$

$$g = 9.8066 \text{ m/s}^2$$

$$R = 5.80 \text{ m}$$

$$V = \sqrt{5.80 * 9.8066 * \frac{\sin(1^\circ) + (1.69338 * \cos(1^\circ))}{\cos(1^\circ) - (1.69338 * \sin(1^\circ))}}$$

$$V = 10.0103 \text{ m/s}$$

Con esto se evidencio que pasado los 30.5633° la velocidad máxima no sería un problema para nuestros ciclistas ya que la velocidad promedio de los mismos se encuentra entre 4 m/s y hasta 6.5m/s de esta manera se validó que nuestro peralte no va a tener ningún

inconveniente ya sea en la parte más alta o más baja de la curva, cabe recalcar que esta pista es diseñada para eventos nacionales e internacionales ni los ciclistas más expertos y campeones del mundo recomiendan tomar la curva en la parte más baja sino de la mitad hacia arriba.

Se el caso de las transiciones de las curvas grandes se tuvo en cuenta que para que no exista una mayor diferencia entre el nivel más bajo y el más alto de la curva la transición antes de la curva debe realizarse con un speed bump en este caso un speed bump de 50 cm ya que con esto la diferencia de altura entre la curva y el speed bump es solo de 35cm, a continuación, se presenta una vista frontal de cómo se vería esta transición.

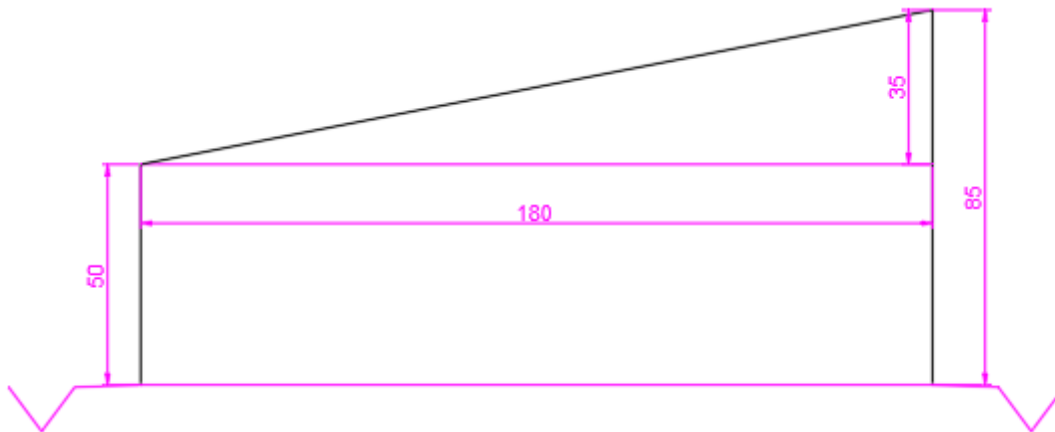


Ilustración 44. Vista frontal de la transición

Para tener mayor control sobre la pista y al momento de diseñarla se realizó la transición entre los primeros 15° a 25° en los que se encuentra la curva por esta razón nosotros dividimos la transición en 22.5° grados la siguiente sección de 12.5° y a partir de ahí todas de 10° hasta llegar al otro lado de la curva y volvemos a tener 12.5° y 22.5° como se puede evidenciar en la siguiente imagen.

Una vez observado esto se determinó la necesidad de un ángulo de la curva en una distancia horizontal ya que como habíamos definido nuestra base de la curva será de 180 cm por lo que se necesitó conocer cuál es el ángulo que se forma en la parte intermedia de la curva y en la parte superior

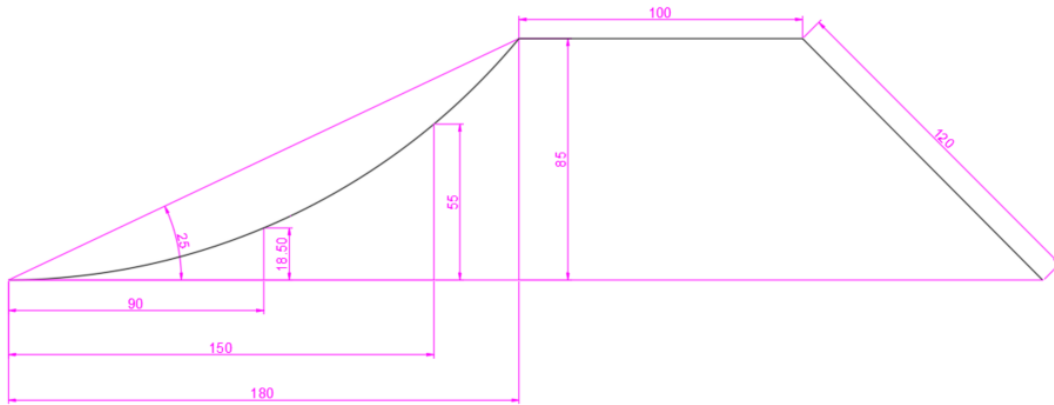


Ilustración 47. *Ángulos y distancia en vertical en la cual debe terminar el speed bump en la parte intermedia y parte superior*

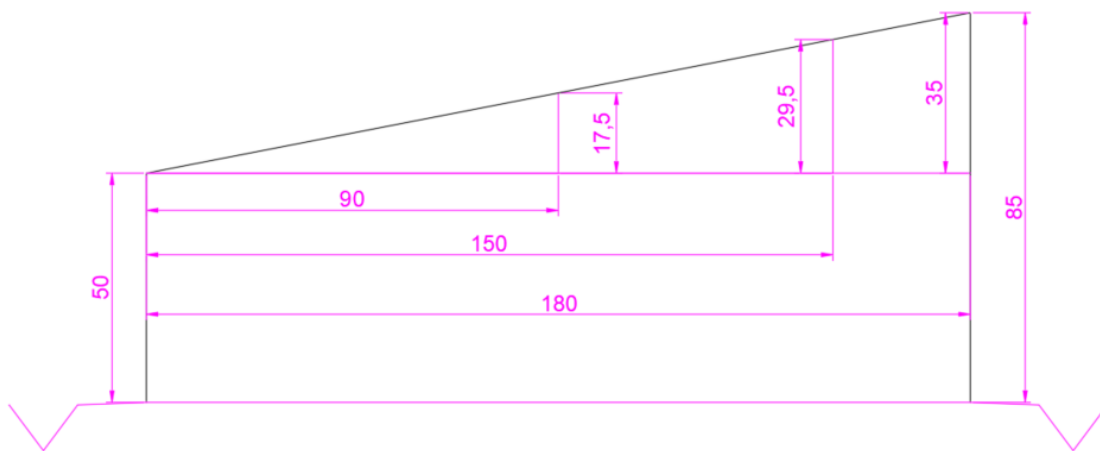


Ilustración 48. *Definición de las alturas de los speed bumps para la transición*

Conociendo cual debe ser la altura en la cual debe terminar el speed bump en la distancia intermedia y superior se diseñó los speed bumps bajos con una base de 310 cm y altura de 50cm, el speed bump intermedio con base de 310cm y altura de 67.5cm y superiores con base de 310cm y altura de 79.5cm.

Ejemplo de transiciones ya construidas

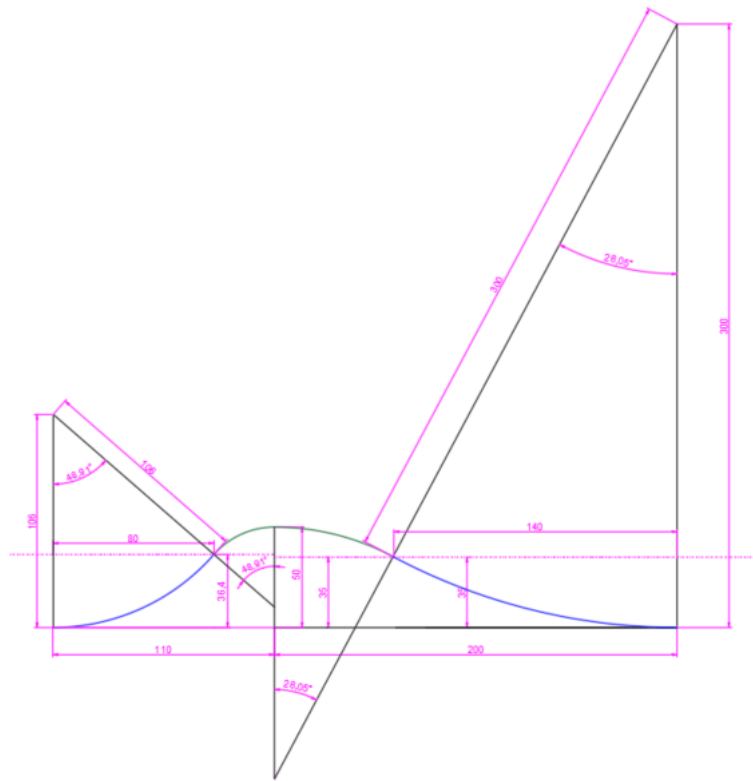


Ilustración 49. *Speed bump para la transición en la parte inferior*

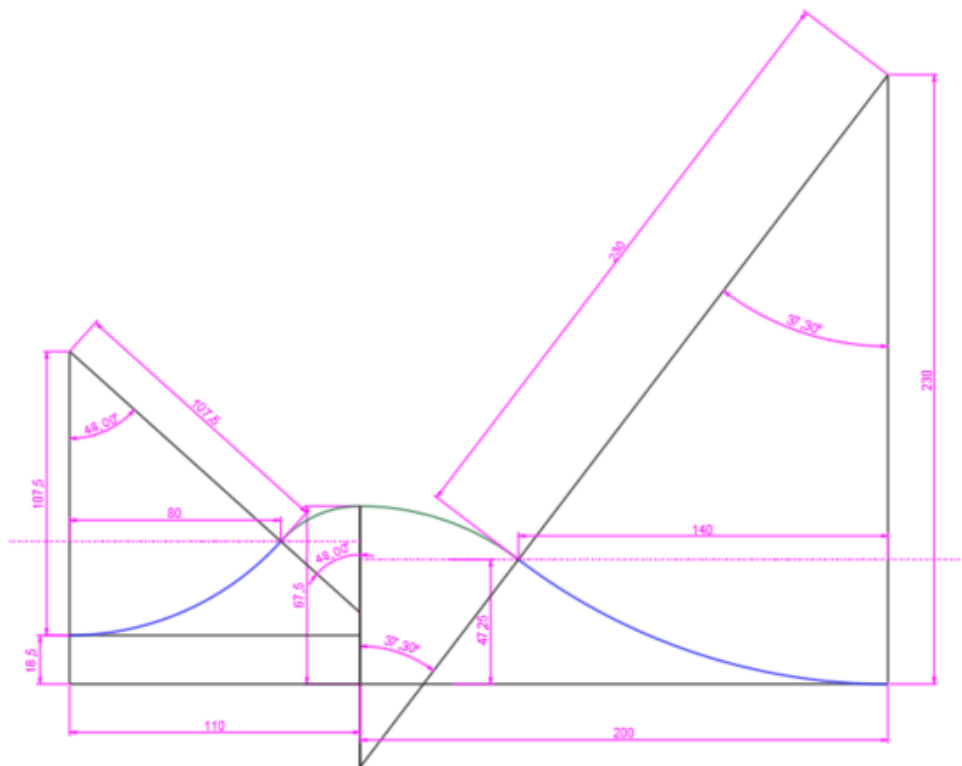


Ilustración 50. *Speed bump para la transición en la parte intermedia*

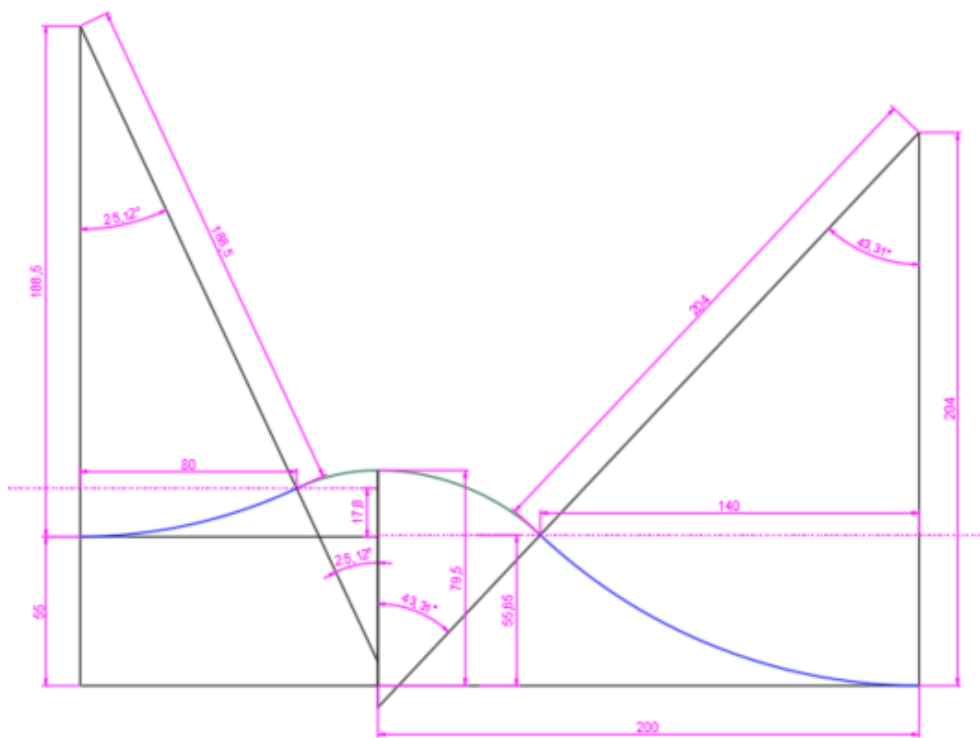


Ilustración 51. *Speed bump para la transición en la parte superior*



Ilustración 52. *Ejemplo de transición en curva Recuperado de: Pump track pista*



Ilustración 53. *Ejemplo de transición de curva Recuperado de: Red Bull*

Una vez definidas las transiciones se colocó nuestro partidero el cual por lo general se ubica a 1 metro de altura o al mismo nivel de la parte más alta de la pista en nuestro caso ubicaremos el partidero a 1.20 m de altura el cual se conectará con los speed bumps en su parte más baja, nosotros formaremos speed bumps diagonales desde el partidero para poder acoplarse a la pista estos tendrán un ancho de 1 metro como se muestra a continuación

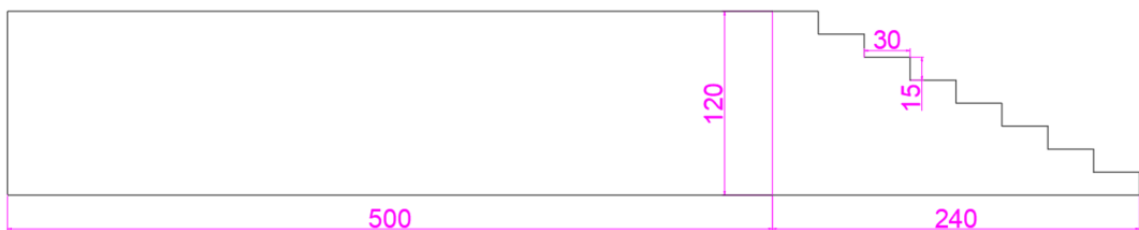


Ilustración 54. *Vista lateral del partidero*

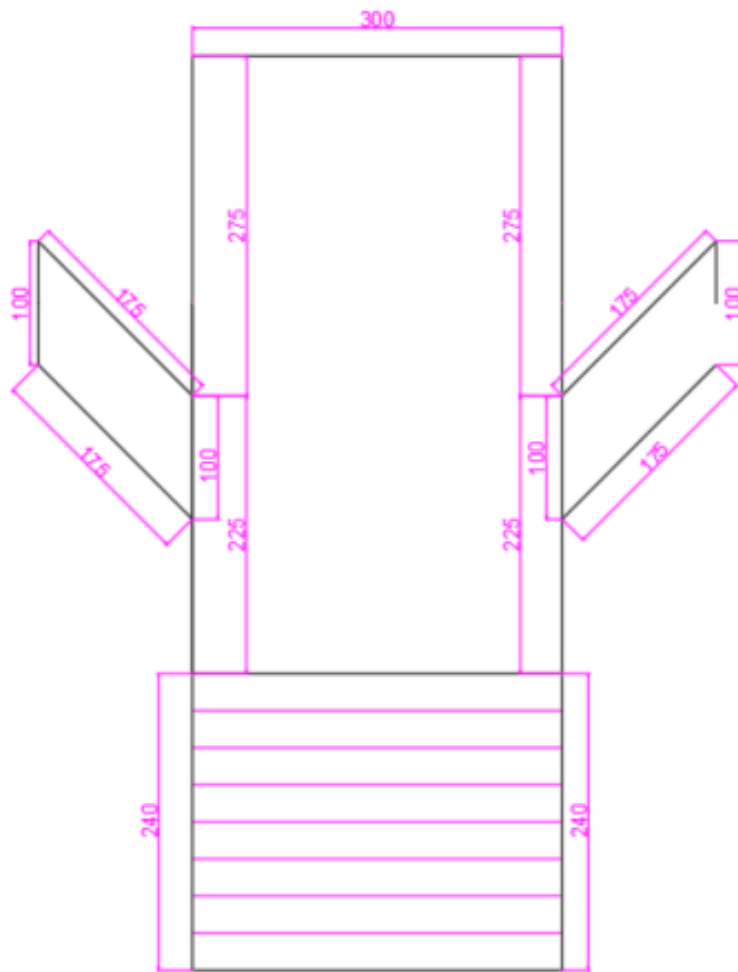


Ilustración 55. *Vista en planta del partidero*

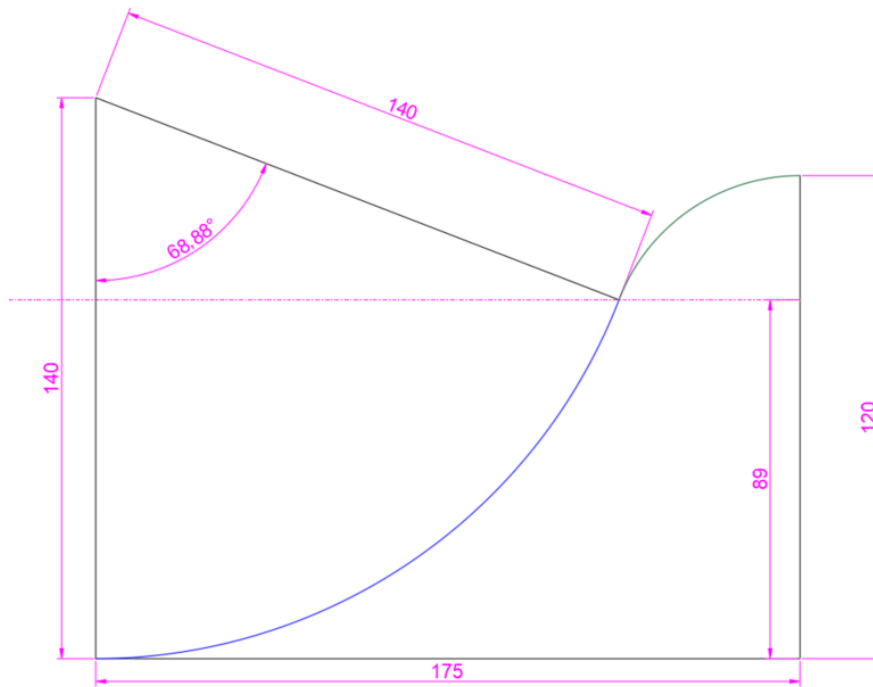


Ilustración 56. Vista lateral del speed bump del partidero

Una vez diseñado el partidero, los speed bumps, las curvas y las transiciones se calculó cual es la longitud total del recorrido teniendo en cuenta que esta longitud será con subidas bajadas curvas y transiciones para poder remplazar en nuestra fórmula y evidenciar si efectivamente con el bombeo introducido existe suficiente energía para completar la pista, para poder calcular la pista en su longitud más desfavorable tomaremos como distancia los arcos exteriores de cada curva.

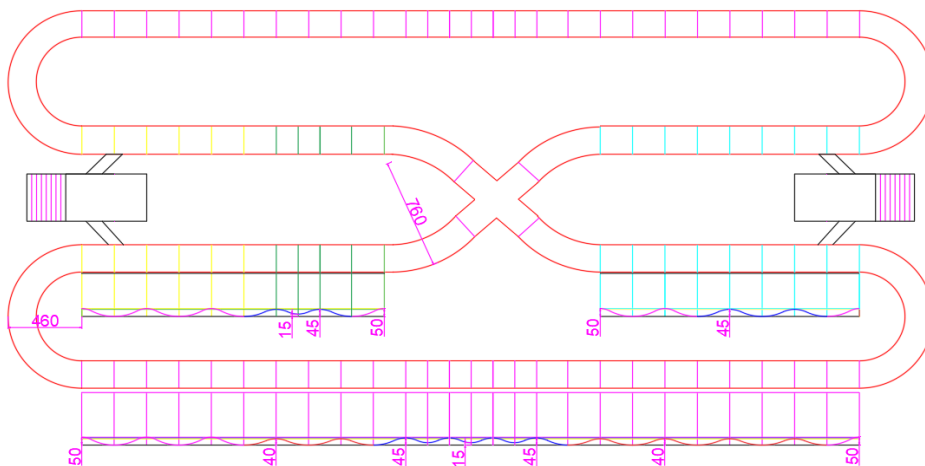


Ilustración 57. Geometría de la pista de pump track incluidos los speed bumps y curvas

Una vez con la geometría de la pista se calculó las longitudes de arco de cada speed bump, partidero, curvas y transiciones con lo cual generamos la siguiente tabla para poder evidenciar cuanto es la longitud de nuestra pista

Tabla 26

Longitud de la pista incluido arcos de speed bumps, partideros y transiciones

Longitud de la pista	m
Curvas	80,19
Partidero	4,51
Parte corta izq	38,78
Parte corta der	33,16
Parte larga	99,22
Total	255,86

Una vez definida la longitud real de la pista se calculó cuantos speed bumps posee la pista ya que esto definirá el número de bombeos ya que en cada speed bump se realiza un bombeo como se evidencia en la ilustración 38 la pista posee en un solo lado 22 speed bumps al replicarlo hacia el otro lado obtuvimos un total de 44 speed bumps con esto remplazamos los datos en la fórmula antes expuesta para evidenciar cuanto es la energía que se otorga a la pista al bombear.

$$ET_B = Nbombeos * \left(\frac{(Mb + 2Mr) * V^2 * db}{2 * df} \right)$$

Donde:

$$Nbombeos = 44 \text{ bombeos}$$

$$Mb = 79.5 \text{ kg}$$

$$Mr = 2.5 \text{ kg}$$

$$db = 7.5685 \text{ m}$$

$$df = 73.323 \text{ m}$$

$$V = 5.483 \text{ m/s}$$

$$ET_B = 44 * \left(\frac{(79.5 + 2 * 2.5) * 5.483^2 * 7.5685}{2 * 73.323} \right)$$

$$ET_B = 44 * \left(\frac{(79.5 + 2 * 2.5) * 5.483^2 * 7.5685}{2 * 73.323} \right)$$

$$ET_B = 5768.7998 \text{ Newtons}$$

Y para poder calcular la energía que necesita la pista para ser completada utilizamos la fórmula de energía que requiere la pista para esto nosotros necesitamos el dato de la longitud total de la pista

$$EP = \frac{(Mb + 2Mr) * V^2 * dt}{2 * df}$$

Sabiendo que

$$Mb = 79.5 \text{ kg}$$

$$Mr = 2.5 \text{ kg}$$

$$dt = 255.86 \text{ m}$$

$$df = 73.323 \text{ m}$$

$$V = 5.483 \text{ m/s}$$

$$EP = \frac{(79.5 + 2 * 2.5) * 5.483^2 * 255.86}{2 * 73.323}$$

$$EP = 4432.2615 \text{ Newtons}$$

Comparamos las dos energías si la energía que transmitimos a la pista es mayor a la que la pista necesita para ser completada aseguramos que nuestra pista podrá ser completada sin tener la necesidad de acelerar y solo bombear el cuerpo conjunto con la bicicleta

$$ET_B = 5768.7998 \text{ Newtons}$$

$$EP = 4432.2615 \text{ Newtons}$$

$$ET_B \geq EP \text{ Si cumple}$$

Al principio de la pista los ciclistas realizan un pedaleo hasta incorporarse a los speed bumps del partidero, no se consideró esta aceleración para garantizar que nuestra pista podrá completarse solo con bombeos, esta aceleración ayudara aún más a la energía que se introdujo a la pista y la diferencia de energía entre EP y ETB ayudará para la siguiente vuelta de esta manera garantiza que en una secuencia de vueltas se pudo completar el circuito con mucha facilidad.

3.2.2.1. Diseño del drenaje de la pista

Para este caso se diseñarán los tramos de cunetas que se encuentran dentro de la pista de pump track, con una sección asfaltada de 1.80m de ancho por la longitud de los distintos tramos a analizar, con una intensidad de lluvia de 2.95 mm/min o 0.0000492m/seg, dato que fue tomado de la tabla de intensidades máximas en 24 horas con un tiempo de retorno de 25 años de la estaciones de Izobamba y Quito INAMHI mismas que corresponden a las estaciones más cercanas, escogiendo el dato más crítico publicado por el (INAMHI, 2019).

Tabla 27

Tabla de intensidad de lluvia con tiempo de retorno

CODIGO	ESTACION	X	Y	Z	SERIE DATOS	N° DE AÑOS	TR2	TR5	TR10	TR25	TR50	TR100	PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE	
													A ²	Chi ²
M0001	INGUICHO	789319.16815	10028583.20060	3140	1964-2011	36	2.03	2.73	3.20	3.79	4.23	4.66	*	*
M0002	LA TOLA	793125.64374	9974612.50418	2480	1980-2011	32	1.88	2.32	2.62	2.99	3.27	3.54		*
M0003	IZOBAMBA	772701.78480	9959434.98164	3058	1964-2011	47	1.68	2.03	2.77	2.57	2.79	3.01		*
M0004	RUMIPAMBA-SALCEDO	767962.73616	9887374.07090	2680	1976-2011	36	1.33	1.55	1.70	1.89	2.03	2.17		*
M0005	PORTOVIEJO	559523.22378	9884982.17269	46	1964-2011	48	2.07	3.11	3.85	4.84	5.62	6.42	*	*
M0006	PICHILINGUE	671167.33928	9878372.67867	120	1963-2010	48	4.83	6.04	6.79	7.69	8.33	8.95	*	*
M0007	NUEVO ROCAFUERTE FUERTE	1122197.89656	9898194.53320	265	1976-2011	36								
M0008	PUYO	840113.91312	9833136.76670	960	1960-2011	50	4.71	5.56	6.07	6.66	7.07	7.46	*	*
M0009	LA VICTORIA INERHI	811632.75912	10006639.78010	2262	1984-2011	15	1.36	1.67	1.55	2.14	2.33	2.53		*
M0021	ATUNTAQUI	808841.80375	10039407.48530	2200	1964-2011	47	1.44	1.98	2.33	2.78	3.11	3.44		*
M0023	OLMEDO-PICHINCHA	828653.76576	10016386.48200	3120	1975-2011	29	1.65	2.33	2.76	3.26	3.61	3.95		*
M0024	QUITO INAMHI	780131.51141	9981560.42016	2789	1975-2011	37	1.55	2.29	2.58	2.95	3.22	3.49		*
M0025	LA CONCORDIA	681248.19466	10002948.66710	379	1964-2011	48	5.89	7.29	8.16	9.18	9.92	10.63	*	*
M0026	PUERTO ILA	684859.80789	9947353.13263	319	1964-2011	48	4.80	6.00	6.74	7.63	8.26	8.88	*	*
M0029	BAÑOS	787319.42805	9846052.14097	1695	1964-2011	48	2.04	3.48	4.43	5.63	6.52	7.40		*
M0031	CAÑAR	729328.29281	9717809.19461	3083	1964-2011	48	0.93	1.18	1.35	1.55	1.71	1.86		*
M0032	SANTA ISABEL	691486.84668	9640886.64457	1450	1964-2011	29	1.23	1.57	1.77	2.00	2.16	2.31		*
M0033	LA ARGELIA (LOJA)	699710.79754	9553629.61009	2160	1964-2011	48	1.78	2.27	2.6	3.01	3.31	3.62		*
M0037	MILAGRO-INGENIO	655787.72637	9766096.16704	13	1936-2011	69	4.40	5.48	6.13	6.89	7.42	7.93		*

(INAMHI, 2019).

El área aportante se ha determinado mediante la geometría del tramo y el uso del software de diseño AutoCAD, para este caso será de 188.14 metros cuadrados.

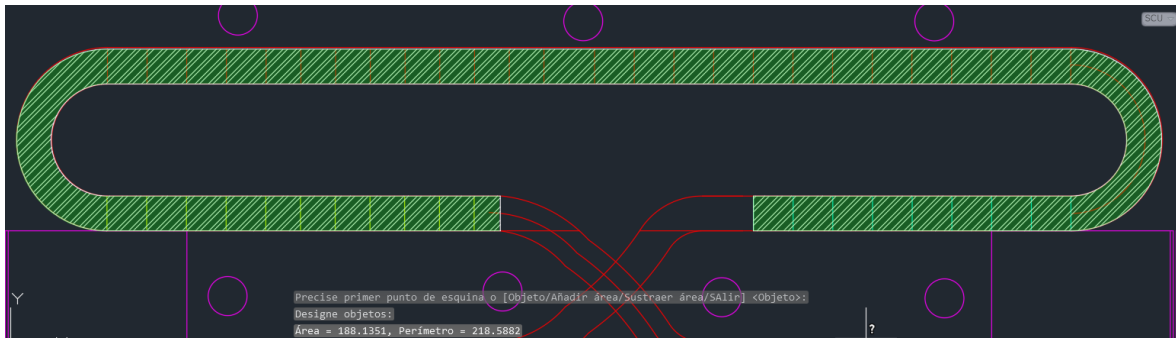


Ilustración 58. Área del tramo geométrico de la pista utilizando AutoCAD

Se escogió un coeficiente de escorrentía de acuerdo con los datos obtenidos de la siguiente tabla, en este caso se usó 0.7.

Tabla 28

Caudales punta por el método racional en zonas urbanas y periurbanas

Tipo de superficie	Coeficiente de escorrentía	
	Mínimo	Máximo
Zona comercial	0,70	0,95
Vecindarios, zonas de edificios, edificaciones densas	0,50	0,70
Zonas residenciales unifamiliares	0,30	0,50
Zonas residenciales multifamiliares espaciadas	0,40	0,60
Zonas residenciales multifamiliares densas	0,60	0,75
Zonas residenciales semiurbanas	0,25	0,40
Zonas industriales espaciadas	0,50	0,80
Zonas industriales densas	0,60	0,90
Parques	0,10	0,25
Zonas deportivas	0,20	0,35
Estaciones e infraestructuras viarias del ferrocarril	0,20	0,40
Zonas suburbanas	0,10	0,30
Calles asfaltadas	0,70	0,95
Calles hormigonadas	0,70	0,95
Calles adoquinadas	0,70	0,85
Aparcamientos	0,75	0,85
Techados	0,75	0,95
Praderas (suelos arenosos con pendientes inferiores al 2%)	0,05	0,10
Praderas (suelos arenosos con pendientes intermedias)	0,10	0,15
Praderas (suelos arenosos con pendientes superiores al 7%)	0,15	0,20
Praderas (suelos arcillosos con pendientes inferiores al 2%)	0,13	0,17
Praderas (suelos arcillosos con pendientes intermedias)	0,18	0,22
Praderas (suelos arcillosos con pendientes superiores al 7%)	0,25	0,35

Nota. Esta tabla sirve para determinar los caudales punta por el método racional en las zonas urbanas y periurbanas otorgándolos coeficientes mínimos y máximos de escorrentía

Cálculo del caudal de diseño:

$$Q_d = C * I * A$$

$$Q_d = 0.7 * 0.0000492 \frac{m}{seg} * 188.14 m^2$$

$$Q_d = 0.00647515 \frac{m^3}{seg}$$

$$Q_d = 6.47 \frac{L}{seg}$$

Se Seleccionó una sección triangular revestida de concreto donde la b corresponde al ancho superior de la cuneta, y h a su profundidad o altura

Área mojada de la cuneta:

$$Area = \frac{b * h}{2}$$

Perímetro mojado:

$$Perimetro = 2\sqrt{b^2 * h^2}$$

Se seleccionó dimensiones preliminares: base de 20cm, altura de 15cm, área mojada de 0.015m² y un perímetro mojado de 0.5m

Cálculo del radio hidráulico

$$R = \frac{A_{mojada}}{P_{mojado}}$$

$$R = \frac{0.015}{0.5} = 0.03m$$

Con el fin de demostrar que la capacidad de la estructura es mayor que la capacidad que necesitamos para la cuneta, se calculó la capacidad de está utilizando la fórmula de Manning

$$Q = \frac{1}{n} * (A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}})$$

donde:

Q= caudal de la sección.

n= coeficiente de rugosidad de Manning.

A= área de la sección.

R= radio hidráulico

S= pendiente.

$$Q = \frac{1}{0.014} * \left(0.015 * 0.03^{\frac{2}{3}} * 0.05^{\frac{1}{2}} \right) = 0.023 \frac{m^3}{s}$$

Se tomo un n de 0.014 porque es el coeficiente de Manning utilizado para revestimiento de hormigo sin pulir y una pendiente de 5% que se recomendaría para la construcción de las cunetas únicamente.

Con una cuneta triangular de 0.2m de base y 0.15m de altura la capacidad se excede en un 250% por lo que se ajustó las medidas a una base de 0.15m, 0.10m de altura, 0.075 m² de área, un perímetro de 0.36 m, un radio hidráulico de 0.0208 m y una capacidad de 0.009m³/seg que excede en capacidad un 40% al caudal de diseño.

3.2.2.1.1.1. Diseño de alcantarilla de la pista

Para el diseño de la alcantarilla se plantea que deba transportar un caudal de 0.00647m³/seg a través de una tubería de PVC, con un coeficiente de rugosidad de 0.009 y con una pendiente del terreno de 3%, se diseñó la tubería con una lámina de agua al 70% del diámetro.

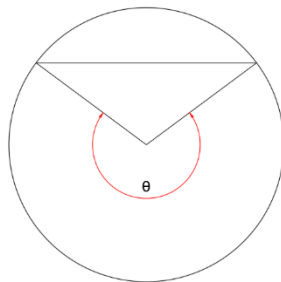


Ilustración 59. Tubería de PVC circular al 70% de su capacidad para un caudal de 0.00647 m³/seg

Angulo teta:

$$\theta = 2\pi - 2\text{ArcCos}((2 * 0.70) - 1)$$

$$\theta = 3.96 \text{ radianes}$$

Con este valor de teta y las siguientes ecuaciones despejadas en la ecuación de Manning en función del diámetro se calculó el diámetro inicial

$$\text{Radio hidraulico} = R = \frac{D_o}{4} * \left(1 - \frac{\text{sen}(\theta)}{\theta}\right)$$

$$\text{Area del sector circular} = A = \frac{D_o^2}{8} * (\theta - \text{sen}(\theta))$$

$$Q = \frac{1}{n} * \left(\left(\frac{D_o^2}{8} * (\theta - \text{sen}(\theta)) \right) * \left(\frac{D_o}{4} * \left(1 - \frac{\text{sen}(\theta)}{\theta}\right) \right)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$0.00647 = \frac{1}{0.009} * \left(\left(\frac{D_o^2}{8} * (3.96 - \text{sen}(3.96)) \right) * \left(\frac{D_o}{4} * \left(1 - \frac{\text{sen}(3.96)}{3.96}\right) \right)^{\frac{2}{3}} * 0.03^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$D_o = 0.082524 \text{ m}$$

Según el cálculo es necesario una tubería con diámetro de 0.082524 m por lo cual se selecciona una tubería de PVC de 4" con diámetro comercial externo de 0.1068 m y un espesor de 0.003m dando un diámetro interno de 0.1008m.

Para este nuevo diámetro se calculó el nuevo ángulo teta dejando la ecuación anterior en función del ángulo

$$0.00647 = \frac{1}{0.009} * \left(\left(\frac{0.1008^2}{8} * (\theta - \text{sen}(\theta)) \right) * \left(\frac{0.1008}{4} * \left(1 - \frac{\text{sen}(\theta)}{\theta}\right) \right)^{\frac{2}{3}} * 0.03^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$\theta = 3.11829$$

Se calculo la velocidad a la que circularía el agua en la alcantarilla, mediante la siguiente formula:

$$A = \frac{D_o^2}{8} * (\theta - \text{sen}(\theta))$$

$$A = \frac{0.1008^2}{8} * (3.11829 - \sin(3.11829))$$

$$A = 0.003931m^2$$

$$Velocidad = V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{0.00647}{0.003931} = 1.64589 \frac{m}{seg}$$

Dado que la velocidad mínima es 0.4 m/s y la máxima de 6 m/s se demuestra que la velocidad es correcta.

Se calcula la fuerza atractiva o capacidad de arrastre de las partículas llamada tao que no debe ser inferior a 3N/m³, mediante la siguiente formula.

$$\tau = \gamma * R * S$$

Donde

γ = peso específico del agua

R= radio hidráulico

S= pendiente

$$Radio\ hidraulico = R = \frac{D_o}{4} * \left(1 - \frac{\sin(\theta)}{\theta}\right)$$

$$R = \frac{0.1008}{4} * \left(1 - \frac{\sin(3.11829)}{3.11829}\right)$$

$$R = 0.025012$$

$$\tau = 9810 * 0.025012 * 0.03$$

$$\tau = 7.36103$$

Se calcula el número de Froude para comprobar que el flujo sea super crítico con la siguiente formula:

$$F = \frac{v}{\sqrt{g * \left(\frac{A}{T}\right)}}$$

Donde:

F= Número de Froude

V= velocidad

G=gravedad

A=Área

T=Espejo de agua

$$T = D_o * \text{sen} \left(\frac{\theta}{2} \right)$$

$$T = 0.1008 * \text{sen} \left(\frac{3.11829}{2} \right) = 0.100793m$$

$$F = \frac{1.64589}{\sqrt{9.81 * \left(\frac{0.003931}{0.100793}\right)}} =$$

$$F = 2.66091$$

El resultado refleja que el flujo es super crítico porque el número de Froude es mayor a uno, lo cual satisface todas las condiciones de esta tubería de desagüe.

Para la conducción del agua lluvia de la alcantarilla planteada de las dos zonas de la pista se diseñó un nuevo diámetro de tubería con la sumatoria dándonos un caudal de 12.94 L/seg o 0.01294 m3/seg con una pendiente del terreno de 3% se va a utilizar una tubería de PVC con coeficiente de rugosidad de 0.009 y una lámina de agua al 70%

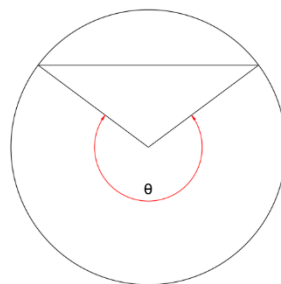


Ilustración 60. Tubería de PVC circular al 70% de su capacidad para un caudal de 0.01294 m³/seg

Angulo teta:

$$\theta = 2\pi - 2\text{ArcCos}((2 * 0.70) - 1)$$

$$\theta = 3.96$$

Con este valor de teta y las siguientes ecuaciones despejadas en la ecuación de Manning en función del diámetro se calculó el diámetro inicial.

$$\text{Radio hidraulico} = R = \frac{D_o}{4} * \left(1 - \frac{\text{sen}(\theta)}{\theta}\right)$$

$$\text{Area del sector circular} = A = \frac{D_o^2}{8} * (\theta - \text{sen}(\theta))$$

$$Q = \frac{1}{n} * \left(\left(\frac{D_o^2}{8} * (\theta - \text{sen}(\theta)) \right) * \left(\frac{D_o}{4} * \left(1 - \frac{\text{sen}(\theta)}{\theta}\right) \right)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$0.01294 = \frac{1}{0.009} * \left(\left(\frac{D_o^2}{8} * (3.96 - \text{sen}(3.96)) \right) * \left(\frac{D_o}{4} * \left(1 - \frac{\text{sen}(3.96)}{3.96}\right) \right)^{\frac{2}{3}} * 0.03^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$D_o = 0.107021 \text{ m}$$

Según el cálculo es necesario una tubería con diámetro de 0.1070 m por lo cual se selecciona una tubería de PVC de 6" con diámetro comercial externo de 0.1591 m y un espesor de 0.004m dando un diámetro interno de 0.1511m.

Para este nuevo diámetro se calculó el nuevo ángulo teta dejando la ecuación anterior en función del ángulo

$$0.01294 = \frac{1}{0.009} * \left(\left(\frac{0.1511^2}{8} * (\theta - \text{sen}(\theta)) \right) * \left(\frac{0.1511}{4} * \left(1 - \frac{\text{sen}(\theta)}{\theta}\right) \right)^{\frac{2}{3}} * 0.03^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$\theta = 2.72846$$

Se calculo la velocidad a la que circularía el agua en la alcantarilla, mediante la siguiente formula:

$$A = \frac{D_o^2}{8} * (\theta - \text{sen}(\theta))$$

$$A = \frac{0.1511^2}{8} * (2.72846 - \text{sin}(2.72846))$$

$$A = 0.006641\text{m}^2$$

$$\text{Velocidad} = V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{0.01294}{0.006641} = 1.9485 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

Dado que la velocidad mínima es 0.4 m/s y la máxima de 6 m/s se demuestra que la velocidad es correcta.

Se calcula la fuerza atractiva o capacidad de arrastre de las partículas llamada tao que no debe ser inferior a 3N/m³, mediante la siguiente formula

$$\tau = \gamma * R * S$$

Donde

γ = peso específico del agua

R= radio hidráulico

S= pendiente

$$R = \frac{0.1511}{4} * \left(1 - \frac{\text{sin}(2.72846)}{2.72846}\right)$$

$$R = 0.032217$$

$$\tau = 9810 * 0.032217 * 0.03$$

$$\tau = 9.48146$$

Se calcula el número de Froude para comprobar que el flujo sea super crítico con la siguiente formula:

$$F = \frac{v}{\sqrt{g * \left(\frac{A}{T}\right)}}$$

Donde:

F= número de Froude

V= velocidad

G=gravedad

A=Área

T=Espejo de agua

$$T = 0.1511 * \sin\left(\frac{2.72846}{2}\right) = 0.147888m$$

$$F = \frac{1.9485}{\sqrt{9.81 * \left(\frac{0.006641}{0.147888}\right)}} =$$

$$F = 2.93573$$

El resultado refleja que el flujo es super crítico porque el número de Froude es mayor a uno, lo cual satisface todas las condiciones de esta tubería de desagüe.

3.2.2.2. Diseño del drenaje de los parqueaderos

3.2.2.2.1. Diseño del parqueadero 1

Para este caso se diseñarán los tramos de cunetas que corresponden a los parqueaderos de con una sección asfaltada de 813.78 m² de área y 152.65 m de perímetro, con una intensidad de lluvia de 2.95 mm/min o 0.0000492m/seg, dato que fue tomado de la tabla de intensidades máximas en 24 horas con un tiempo de retorno de 25 años de las estaciones de Izobamba y Quito INAMHI mismas que corresponden a las estaciones más cercanas, escogiendo el dato más crítico publicado por el (Guachamín, 2015)

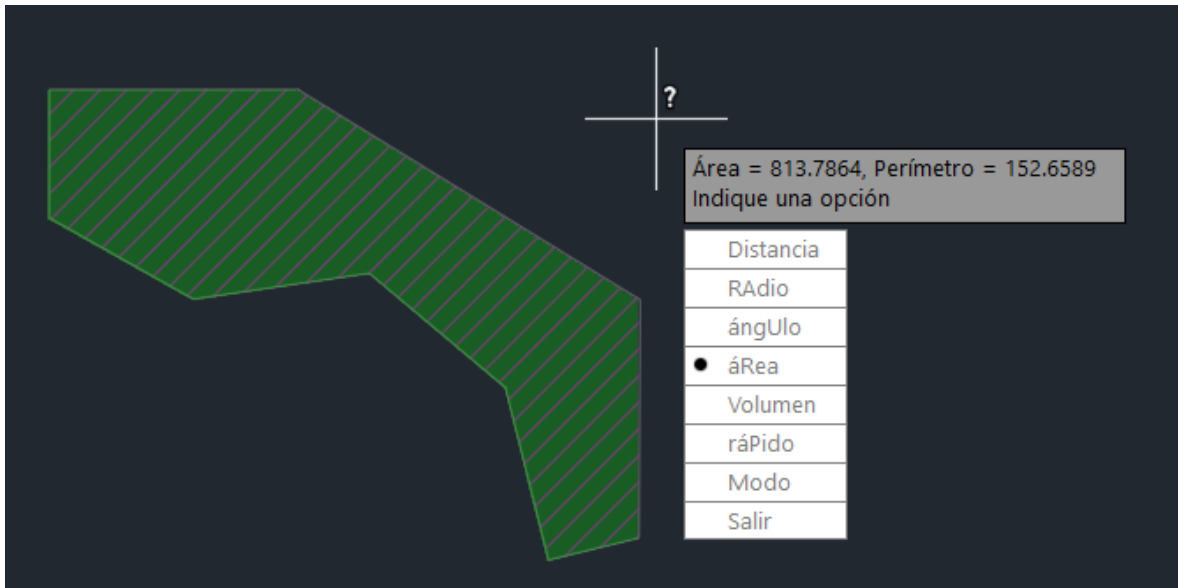


Ilustración 61. Área de la zona del parqueadero 1 utilizando AutoCAD

Se escogió un coeficiente de escorrentía de acuerdo con los datos obtenidos de la siguiente tabla, en este caso se usó 0.7.

Cálculo del caudal de diseño:

$$Q_d = C * I * A$$

$$Q_d = 0.7 * 0.0000492 \frac{m}{seg} * 813.78 m^2$$

$$Q_d = 0.028027 \frac{m^3}{seg}$$

$$Q_d = 28.0266 \frac{L}{seg}$$

Se Seleccionó una sección triangular revestida de concreto donde la b corresponde al ancho superior de la cuneta, y h a su profundidad o altura

Área mojada de la cuneta:

$$Area = \frac{b * h}{2}$$

Perímetro mojado:

$$Perimetro = 2\sqrt{b^2 * h^2}$$

Se seleccionó dimensiones preliminares: base de 20cm, altura de 20cm, área mojada de 0.02m² y un perímetro mojado de 0.5656m

Cálculo del radio hidráulico

$$Area = \frac{0.2 * 0.2}{2} = 0.02m^2$$

$$Perimetro = 2\sqrt{0.2^2 + 0.2^2} = 0.565685m$$

$$R = \frac{A_{mojada}}{P_{mojado}}$$

$$R = \frac{0.02}{0.565685} = 0.035355m$$

Con el fin de demostrar que la capacidad de la estructura es mayor que la capacidad que necesitamos para la cuneta, se calculó la capacidad de está utilizando la fórmula de Manning

$$Q = \frac{1}{n} * \left(A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \right)$$

donde:

Q= caudal de la sección.

n= coeficiente de rugosidad de Manning.

A= área de la sección.

R= radio hidráulico

S= pendiente.

$$Q = \frac{1}{0.014} * \left(0.02 * 0.035355^{\frac{2}{3}} * 0.05^{\frac{1}{2}} \right) = 0.03441 \frac{m^3}{s}$$

Se tomo un n de 0.014 porque es el coeficiente de Manning utilizado para revestimiento de hormigo sin pulir y una pendiente de 3% para la construcción de las cunetas.

Con una cuneta triangular de 0.2m de base y 0.2m de altura la capacidad se excede en un 23% por lo que se ajustó las medidas a una base de 0.2m, 0.15m de altura, que dio una capacidad insuficiente, por lo que se utilizó las medidas previamente tomadas que sería de 0.2 de base y altura.

3.2.2.2.1.1. Diseño de alcantarilla del parqueadero 1

Para el diseño de la alcantarilla se plantea que deba transportar un caudal de 0.028027 m³/seg a través de una tubería de PVC, con un coeficiente de rugosidad de 0.009 y con una pendiente del terreno de 3%, se diseñó la tubería con una lámina de agua al 70% del diámetro.

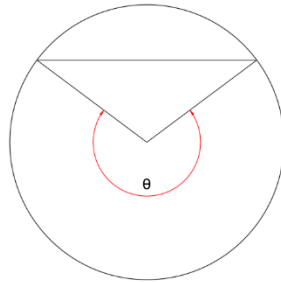


Ilustración 62. Tubería de PVC circular al 70% de su capacidad para un caudal de 0.028027 m³/seg

Angulo teta:

$$\theta = 2\pi - 2\text{ArcCos}((2 * 0.70) - 1)$$

$$\theta = 3.96 \text{ radianes}$$

Con este valor de teta y las siguientes ecuaciones despejadas en la ecuación de Manning en función del diámetro se calculó el diámetro inicial

$$\text{Radio hidraulico} = R = \frac{D_o}{4} * \left(1 - \frac{\text{sen}(\theta)}{\theta}\right)$$

$$\text{Area del sector circular} = A = \frac{D_o^2}{8} * (\theta - \text{sen}(\theta))$$

$$Q = \frac{1}{n} * \left(\left(\frac{D_o^2}{8} * (\theta - \text{sen}(\theta)) \right) * \left(\frac{D_o}{4} * \left(1 - \frac{\text{sen}(\theta)}{\theta}\right) \right)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$0.028027 = \frac{1}{0.009} * \left(\left(\frac{D_o^2}{8} * (3.96 - \text{sen}(3.96)) \right) * \left(\frac{D_o}{4} * \left(1 - \frac{\text{sen}(3.96)}{3.96}\right) \right)^{\frac{2}{3}} * 0.03^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$D_o = 0.142999 \text{ m}$$

Según el cálculo es necesario una tubería con diámetro de 0.0.14299 m por lo cual se selecciona una tubería de PVC de 6" con diámetro comercial externo de 0.1591 m y un espesor de 0.003m dando un diámetro interno de 0.1551m.

Para este nuevo diámetro se calculó el nuevo ángulo teta dejando la ecuación anterior en función del ángulo

$$0.028027 = \frac{1}{0.009} * \left(\left(\frac{0.1511^2}{8} * (\theta - \sin(\theta)) \right) * \left(\frac{0.1511}{4} * \left(1 - \frac{\sin(\theta)}{\theta} \right) \right)^{\frac{2}{3}} * 0.03^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$\theta = 3.66393$$

Se calculo la velocidad a la que circularía el agua en la alcantarilla, mediante la siguiente formula:

$$A = \frac{D_o^2}{8} * (\theta - \sin(\theta))$$

$$A = \frac{0.1511^2}{8} * (3.66393 - \sin(3.66393))$$

$$A = 0.01188m^2$$

$$Velocidad = V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{0.028027}{0.01188} = 2.35918 \frac{m}{seg}$$

Dado que la velocidad mínima es 0.4 m/s y la máxima de 6 m/s se demuestra que la velocidad es correcta.

Se calcula la fuerza atractiva o capacidad de arrastre de las partículas llamada tau que no debe ser inferior a 3N/m³, mediante la siguiente formula.

$$\tau = \gamma * R * S$$

Donde

γ = peso específico del agua

R= radio hidráulico

S= pendiente

$$\text{Radio hidraulico} = R = \frac{D_o}{4} * \left(1 - \frac{\text{sen}(\theta)}{\theta}\right)$$

$$R = \frac{0.1511}{4} * \left(1 - \frac{\text{sin}(3.66393)}{3.66393}\right)$$

$$R = 0.042919$$

$$\tau = 9810 * 0.042919 * 0.03$$

$$\tau = 12.6311$$

Se calcula el número de Froude para comprobar que el flujo sea super crítico con la siguiente formula:

$$F = \frac{v}{\sqrt{g * \left(\frac{A}{T}\right)}}$$

Donde:

F= Número de Froude

V= velocidad

G=gravedad

A=Área

T=Espejo de agua

$$T = D_o * \text{sen}\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

$$T = 0.1511 * \text{sin}\left(\frac{3.66393}{2}\right) = 0.145976m$$

$$F = \frac{2.35918}{\sqrt{9.81 * \left(\frac{0.01188}{0.145976}\right)}} =$$

$$F = 2.64034$$

El resultado refleja que el flujo es super crítico porque el número de Froude es mayor a uno, lo cual satisface todas las condiciones de esta tubería de desagüe.

3.2.2.2.2. Diseño del parqueadero 2

Para este caso se diseñarán los tramos de cunetas que corresponden a los parqueaderos de con una sección asfaltada de 771.0147 m² de área y 107.0808 m de perímetro, con una intensidad de lluvia de 2.95 mm/min o 0.0000492m/seg, dato que fue tomado de la tabla de intensidades máximas en 24 horas con un tiempo de retorno de 25 años de la estaciones de Izobamba y Quito INAMHI mismas que corresponden a las estaciones más cercanas, escogiendo el dato más crítico publicado por el (Guachamín, 2015)

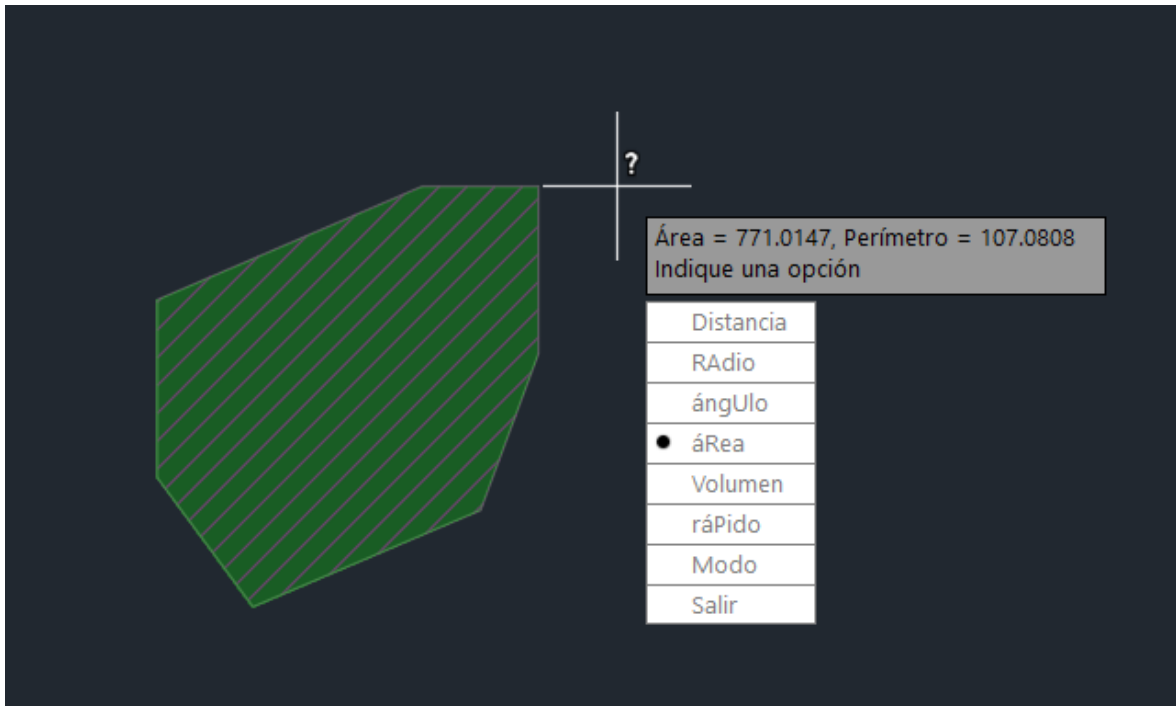


Ilustración 63. Área de la zona del parqueadero 1 utilizando AutoCAD

Se escogió un coeficiente de escorrentía de acuerdo con los datos obtenidos de la siguiente tabla, en este caso se usó 0.7.

Cálculo del caudal de diseño:

$$Q_d = C * I * A$$

$$Q_d = 0.7 * 0.0000492 \frac{m}{seg} * 771.0147 m^2$$

$$Q_d = 0.026554 \frac{m^3}{seg}$$

$$Q_d = 26.5537 \frac{L}{seg}$$

Se Seleccionó una sección triangular revestida de concreto donde la b corresponde al ancho superior de la cuneta, y h a su profundidad o altura

Área mojada de la cuneta:

$$Area = \frac{b * h}{2}$$

Perímetro mojado:

$$Perimetro = 2\sqrt{b^2 * h^2}$$

Se seleccionó dimensiones preliminares: base de 20cm, altura de 20cm, área mojada de 0.02m² y un perímetro mojado de 0.5656m

Cálculo del radio hidráulico

$$Area = \frac{0.2 * 0.2}{2} = 0.02m^2$$

$$Perimetro = 2\sqrt{0.2^2 + 0.2^2} = 0.565685m$$

$$R = \frac{A_{mojada}}{P_{mojado}}$$

$$R = \frac{0.02}{0.565685} = 0.035355m$$

Con el fin de demostrar que la capacidad de la estructura es mayor que la capacidad que necesitamos para la cuneta, se calculó la capacidad de está utilizando la fórmula de Manning

$$Q = \frac{1}{n} * \left(A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \right)$$

donde:

Q= caudal de la sección.

n= coeficiente de rugosidad de Manning.

A= área de la sección.

R= radio hidráulico

S= pendiente.

$$Q = \frac{1}{0.014} * \left(0.02 * 0.035355^{\frac{2}{3}} * 0.05^{\frac{1}{2}} \right) = 0.03441 \frac{m^3}{s}$$

Se tomo un n de 0.014 porque es el coeficiente de Manning utilizado para revestimiento de hormigo sin pulir y una pendiente de 3% para la construcción de las cunetas.

Con una cuneta triangular de 0.2m de base y 0.2m de altura la capacidad se excede en un 29% por lo que se ajustó las medidas a una base de 0.2m, 0.15m de altura, que dio una capacidad insuficiente, por lo que se utilizó las medidas previamente tomadas que sería de 0.2 de base y altura.

3.2.2.2.1. Diseño de alcantarilla del parqueadero 2

Para el diseño de la alcantarilla se plantea que deba transportar un caudal de 0.026554 m³/seg a través de una tubería de PVC, con un coeficiente de rugosidad de 0.009 y con una pendiente del terreno de 3%, se diseñó la tubería con una lámina de agua al 70% del diámetro.

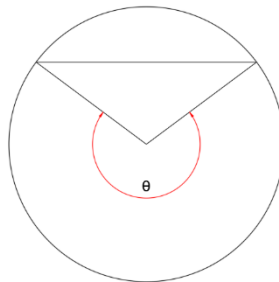


Ilustración 64. Tubería de PVC circular al 70% de su capacidad para un caudal de 0.026554 m³/seg

Angulo teta:

$$\theta = 2\pi - 2\text{ArcCos}((2 * 0.70) - 1)$$

$$\theta = 3.96 \text{ radianes}$$

Con este valor de teta y las siguientes ecuaciones despejadas en la ecuación de Manning en función del diámetro se calculó el diámetro inicial

$$\text{Radio hidraulico} = R = \frac{D_o}{4} * \left(1 - \frac{\text{sen}(\theta)}{\theta}\right)$$

$$\text{Area del sector circular} = A = \frac{D_o^2}{8} * (\theta - \text{sen}(\theta))$$

$$Q = \frac{1}{n} * \left(\left(\frac{D_o^2}{8} * (\theta - \text{sen}(\theta)) \right) * \left(\frac{D_o}{4} * \left(1 - \frac{\text{sen}(\theta)}{\theta}\right) \right)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$0.026554 = \frac{1}{0.009} * \left(\left(\frac{D_o^2}{8} * (3.96 - \text{sen}(3.96)) \right) * \left(\frac{D_o}{4} * \left(1 - \frac{\text{sen}(3.96)}{3.96}\right) \right)^{\frac{2}{3}} * 0.03^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$D_o = 0.140133 \text{ m}$$

Según el cálculo es necesario una tubería con diámetro de 0.140133 m por lo cual se selecciona una tubería de PVC de 6" con diámetro comercial externo de 0.1591 m y un espesor de 0.003m dando un diámetro interno de 0.1551m.

Para este nuevo diámetro se calculó el nuevo ángulo teta dejando la ecuación anterior en función del ángulo

$$0.026554 = \frac{1}{0.009} * \left(\left(\frac{0.1511^2}{8} * (\theta - \text{sen}(\theta)) \right) * \left(\frac{0.1511}{4} * \left(1 - \frac{\text{sen}(\theta)}{\theta}\right) \right)^{\frac{2}{3}} * 0.03^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$\theta = 3.5721 \text{ rad}$$

Se calculo la velocidad a la que circularía el agua en la alcantarilla, mediante la siguiente formula:

$$A = \frac{D_o^2}{8} * (\theta - \text{sen}(\theta))$$

$$A = \frac{0.1511^2}{8} * (3.5721 - \text{sen}(3.5721))$$

$$A = 0.011385 \text{ m}^2$$

$$\text{Velocidad} = V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{0.026554}{0.011385} = 2.33237 \frac{m}{seg}$$

Dado que la velocidad mínima es 0.4 m/s y la máxima de 6 m/s se demuestra que la velocidad es correcta.

Se calcula la fuerza atractiva o capacidad de arrastre de las partículas llamada tau que no debe ser inferior a 3N/m³, mediante la siguiente formula.

$$\tau = \gamma * R * S$$

Donde

γ = peso específico del agua

R= radio hidráulico

S= pendiente

$$Radio\ hidraulico = R = \frac{D_o}{4} * \left(1 - \frac{sen(\theta)}{\theta}\right)$$

$$R = \frac{0.1511}{4} * \left(1 - \frac{sin(3.5721)}{3.5721}\right)$$

$$R = 0.042188$$

$$\tau = 9810 * 0.042188 * 0.03$$

$$\tau = 12.4159$$

Se calcula el número de Froude para comprobar que el flujo sea super crítico con la siguiente formula:

$$F = \frac{v}{\sqrt{g * \left(\frac{A}{T}\right)}}$$

Donde:

F= Número de Froude

V= velocidad

G=gravedad

A=Área

T=Espejo de agua

$$T = D_o * \text{sen}\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

$$T = 0.1511 * \text{sin}\left(\frac{3.5721}{2}\right) = 0.147613m$$

$$F = \frac{2.33237}{\sqrt{9.81 * \left(\frac{0.011385}{0.147613}\right)}} =$$

$$F = 2.68138$$

El resultado refleja que el flujo es super crítico porque el número de Froude es mayor a uno, lo cual satisface todas las condiciones de esta tubería de desagüe.

3.2.2.2.2. Diseño de alcantarilla de la pista y parqueaderos

Para la conducción del agua lluvia de la alcantarilla se plantea que deba transportar de las dos zonas de la pista y de los parqueaderos un caudal de 0.067521 m³/seg a través de una nueva tubería de PVC, con un coeficiente de rugosidad de 0.009 y con una pendiente del terreno de 3%, se diseñó la tubería con una lámina de agua al 70% del diámetro.

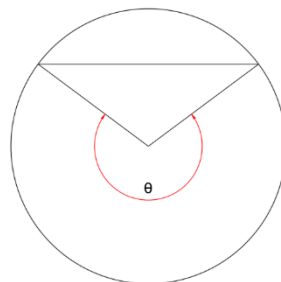


Ilustración 65. Tubería de PVC circular al 70% de su capacidad para un caudal de 0.067521 m³/seg

Angulo teta:

$$\theta = 2\pi - 2\text{ArcCos}((2 * 0.70) - 1)$$

$$\theta = 3.96$$

Con este valor de teta y las siguientes ecuaciones despejadas en la ecuación de Manning en función del diámetro se calculó el diámetro inicial

$$\text{Radio hidraulico} = R = \frac{D_o}{4} * \left(1 - \frac{\text{sen}(\theta)}{\theta}\right)$$

$$\text{Area del sector circular} = A = \frac{D_o^2}{8} * (\theta - \text{sen}(\theta))$$

$$Q = \frac{1}{n} * \left(\left(\frac{D_o^2}{8} * (\theta - \text{sen}(\theta)) \right) * \left(\frac{D_o}{4} * \left(1 - \frac{\text{sen}(\theta)}{\theta}\right) \right)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$0.067521 = \frac{1}{0.009} * \left(\left(\frac{D_o^2}{8} * (3.96 - \text{sen}(3.96)) \right) * \left(\frac{D_o}{4} * \left(1 - \frac{\text{sen}(3.96)}{3.96}\right) \right)^{\frac{2}{3}} * 0.03^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$D_o = 0.198853 \text{ m}$$

Según el cálculo es necesario una tubería con diámetro de 0.198853 m por lo cual se selecciona una tubería de PVC de 8" con diámetro comercial externo de 0.2131 m y un espesor de 0.003m dando un diámetro interno de 0.2027m.

Para este nuevo diámetro se calculó el nuevo ángulo teta dejando la ecuación anterior en función del ángulo

$$0.067521 = \frac{1}{0.009} * \left(\left(\frac{0.2027^2}{8} * (\theta - \text{sen}(\theta)) \right) * \left(\frac{0.2027}{4} * \left(1 - \frac{\text{sen}(\theta)}{\theta}\right) \right)^{\frac{2}{3}} * 0.03^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$\theta = 3.84756$$

Se calculo la velocidad a la que circularía el agua en la alcantarilla, mediante la siguiente formula:

$$A = \frac{D_o^2}{8} * (\theta - \text{sen}(\theta))$$

$$A = \frac{0.2027^2}{8} * (3.84756 - \text{sen}(3.84756))$$

$$A = 0.023093m^2$$

$$Velocidad = V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{0.067521}{0.023093} = 2.92387 \frac{m}{seg}$$

Dado que la velocidad mínima es 0.4 m/s y la máxima de 6 m/s se demuestra que la velocidad es correcta.

Se calcula la fuerza atractiva o capacidad de arrastre de las partículas llamada tao que no debe ser inferior a 3N/m³, mediante la siguiente formula.

$$\tau = \gamma * R * S$$

Donde

γ = peso específico del agua

R= radio hidráulico

S= pendiente

$$R = \frac{0.2027}{4} * \left(1 - \frac{\sin(3.84756)}{3.84756} \right)$$

$$R = 0.05922$$

$$\tau = 9810 * 0.05922 * 0.03$$

$$\tau = 17.4284$$

Se calcula el número de Froude para comprobar que el flujo sea super crítico con la siguiente formula:

$$F = \frac{v}{\sqrt{g * \left(\frac{A}{T}\right)}}$$

Donde:

F= número de Froude

V= velocidad

G=gravedad

A=Área

T=Espejo de agua

$$T = 0.2027 * \sin\left(\frac{3.84756}{2}\right) = 0.190203m$$

$$F = \frac{2.92387}{\sqrt{9.81 * \left(\frac{0.023093}{0.190203}\right)}} =$$

$$F = 2.67912$$

El resultado refleja que el flujo es super crítico porque el número de Froude es mayor a uno, lo cual satisface todas las condiciones de esta tubería de desagüe.

3.2.2.3. Obras complementarias

3.2.2.3.1. Parqueadero

Con base en el estudio topográfico realizado, se determinó las características topográficas de la zona que estaba predestinada para Estacionamientos, la cual posee las condiciones necesarias para la ubicación de parqueaderos con un desnivel máximo de 1 metro en la zona de construcción, lo que representa una topografía relativamente plana, se definió dos secciones de parqueaderos con áreas de 813.78m², 152.65m de perímetro y 771.01m² y 107.08m de perímetro respectivamente, con desnivel a una sola ala para aprovechar los desniveles originales del terreno, con un bombeo del 2% en dirección a las cunetas triangulares de 0.2m de base y 0.2m de altura previamente diseñadas con un bombeo del 3%, que posteriormente se conectará al sistema de alcantarillado previsto.

3.2.2.3.2. Diseño del pavimento de los parqueaderos

Para realizar el diseño de la estructura del pavimento flexible para el proyecto Wawa Bike Park se sugirió a los dueños del proyecto realizar un ensayo CBR con lo cual se supo el porcentaje de este, para poder diseñar y ubicar en que capa debe encontrarse la subrasante, en este caso el proyecto realizo un ensayo de DCP y mediante correlaciones se obtuvo el porcentaje del CBR.

Una vez obtenidos los resultados de los ensayos del DCP y correlacionándolos con el CBR se ha tomado la decisión de trabajar con el CBR más bajo de los 2 ensayos, es decir el 21% , en la calicata 1 la subrasante será ubicada en los 70cm y en la calicata 2 la subrasante será ubicada en 90 cm, con lo cual estaríamos colocando el mejoramiento necesario en los

estratos en los cuales el CBR es de menor porcentaje y de esta manera al diseñar con un CBR del 21% estaríamos diseñando por el lado de la seguridad para los usuarios.

Dado el uso que se dará al parqueadero se tomó como base un TPDA mínimo con el cual se diseñó un pavimento flexible con espesores mínimos que sería una estructura con subbase de espesor de 15 cm, base con espesor de 15cm y una capa de rodadura de pavimento flexible de 5cm para un numero de ESAL's de 50000-150000 tomados de las recomendaciones de la norma AASHTO 93 ya que esta de igual manera recomienda una capa de rodadura de 2" como mínimos

Tabla 29

Espesores mínimos según AASHTO 93 en base al ESAL's

Número de ESAL's	Capas Asfálticas	Base Granular
Menos de 50,000	3.0 cm	10 cm
50,000 - 150,000	5.0 cm	10 cm
150,000 - 500,000	6.5 cm	10 cm
500,000 – 2,000,000	7.5 cm	15 cm
2,000,000 – 7,000,000	9.0 cm	15 cm
Más de 7,000,000	10.0 cm	15 cm

Fuente: Guía para diseño de Estructuras de Pavimentos, AASHTO, 1,993.

(AASHTO , 1993)

Con esto se estaría cubriendo las necesidades que el proyecto requiere sin necesidad de sobre dimensionarlo ya que como sabemos esto puede incurrir en costos innecesarios sobre todo para el fin de la pista.

3.3. Análisis de Costos

En base a lo diseñado anteriormente se procedió a realizar un presupuesto con respecto a los precios publicados en la revista CAMICON, para realizar un análisis de costos de las opciones de construcción y comparar los precios al implementar “imprimante impermeabilizante bituminoso para estructuras asfálticas” y una “estructura de pavimento flexible” para las mismas condiciones, diferenciando la zona de pisa de pum track y la zona parqueaderos, estas consideraciones serán relevantes en el presupuesto de la obra del proyecto.

En este proceso se tomó en cuenta cantidades de obra, tipo de impermeabilizante o estructura asfáltica, mano de obra, maquinaria y materiales, como se muestra en las siguientes tablas evidenciando el cambio en el presupuesto dependiendo de cada opción.

Tabla 30

Análisis de costo pista Pump Track para el proyecto “Wawa Bike Park” Opción 1

Análisis de costo pista Pump Track para el proyecto "Wawa Bike Park" con precios referenciales de la Camicon "OPCION 1"					
N°	Rubro	Unidad	Costo	Cantidad	Precio total
1	Replanteo y nivelacion con equipo topografico	m2	\$ 1,69	380	\$ 642,20
2	Excavacion de zanja a mano en conglomerado H= 0,00 - 2,75	m3	\$ 13,39	2	\$ 26,78
3	Excavacion H= 3 a 4 m a maquina	m3	\$ 5,81	297	\$ 1.725,57
4	Cunetas de hormigon S1 f'c=180 kg/cm2	m	\$ 29,75	230	\$ 6.842,50
5	Instalacion de tuberia de 4" incluye empates, materiales y mano de obra	m	\$ 7,86	115	\$ 903,90
6	Instalacion de tuberia de 6" incluye empates, materiales y mano de obra	m	\$ 12,40	55	\$ 682,00
7	Plancha vibro compactadora	Dia	\$ 33,93	29	\$ 983,97
8	Base clase II 1" (25mm) E=10cm	m3	\$ 24,53	46,5	\$ 1.140,65
9	Igol imprimante bituminoso para estructuras asfalticas 15m2/U	m2/U	\$ 10,41	31,5	\$ 327,92
Total					\$13.275,48

Tabla 31

Análisis de costo pista Pump Track para el proyecto “Wawa Bike Park” Opción 2

Análisis de costo pista Pump Track para el proyecto "Wawa Bike Park" con precios referenciales de la Camicon "OPCION 2"					
N°	Rubro	Unidad	Costo	Cantidad	Precio total
1	Replanteo y nivelacion con equipo topografico	m2	\$ 1,69	380	\$ 642,20
2	Excavacion de zanja a mano en conglomerado H= 0,00 - 2,75	m3	\$ 13,39	2	\$ 26,78
3	Excavacion H= 3 a 4 m a maquina	m3	\$ 5,81	297	\$ 1.725,57
4	Cunetas de hormigon S1 f'c=180 kg/cm2	m	\$ 29,75	230	\$ 6.842,50
5	Instalacion de tuberia de 4" incluye empates, materiales y mano de obra	m	\$ 7,86	115	\$ 903,90
6	Instalacion de tuberia de 6" incluye empates, materiales y mano de obra	m	\$ 12,40	55	\$ 682,00
7	Plancha vibro compactadora	Dia	\$ 33,93	29	\$ 983,97
8	Sub base clase III pasane 3" (75mm) E=15cm	m3	\$ 21,96	70	\$ 1.537,20
9	Base clase 1A 2" (50 mm) E=15cm	m3	\$ 24,63	70	\$ 1.724,10
10	Capa de rodadura asfalto E=5cm	m3	\$ 161,63	23,04	\$ 3.723,96
Total					\$ 18.792,18

Tabla 32

Análisis de costo parqueadero para el proyecto "Wawa Bike Park" Opción 1

Análisis de costo parqueadero para el proyecto "Wawa Bike Park" con precios referenciales de la Camicon "OPCION 1"					
N°	Rubro	Unidad	Costo	Cantidad	Precio total
1	Replanteo y nivelacion con equipo topografico	m2	\$ 1,69	1585	\$ 2.678,65
2	Excavacion de zanja a mano en conglomerado H= 0,00 - 2,75	m3	\$ 13,39	2,5	\$ 33,48
3	Excavacion H= 3 a 4 m a maquina	m3	\$ 5,81	1263,56	\$ 7.341,28
4	Cunetas de hormigon S1 f'c=180 kg/cm2	m	\$ 29,75	115	\$ 3.421,25
5	Instalacion de tuberia de 6" incluye empates, materiales y mano de obra	m	\$ 12,40	60	\$ 744,00
6	Instalacion de tuberia de 8" incluye empates, materiales y mano de obra	m	\$ 19,86	40	\$ 794,40
7	Conformacion y compactacion de la subrazante (equipo pesado)	m2	\$ 1,40	1585	\$ 2.219,00
8	Sub base clase III pasane 3" (75mm) E=15cm	m3	\$ 21,96	238	\$ 5.226,48
9	Base clase 1A 2" (50 mm) E=15cm	m3	\$ 24,63	238	\$ 5.861,94
10	Igol imprimante bituminoso para estructuras asfalticas 15m2/U	m2/U	\$ 10,41	106	\$ 1.103,46
Total					\$ 29.423,94

Tabla 33

Análisis de costo parqueadero para el proyecto "Wawa Bike Park" Opción 2

Análisis de costo parqueadero para el proyecto "Wawa Bike Park" con precios referenciales de la Camicon "OPCION 2"					
N°	Rubro	Unidad	Costo	Cantidad	Precio total
1	Replanteo y nivelacion con equipo topografico	m2	\$ 1,69	1585	\$ 2.678,65
2	Excavacion de zanja a mano en conglomerado H= 0,00 - 2,75	m3	\$ 13,39	2,5	\$ 33,48
3	Excavacion H= 3 a 4 m a maquina	m3	\$ 5,81	1263,56	\$ 7.341,28
4	Cunetas de hormigon S1 f'c=180 kg/cm2	m	\$ 29,75	115	\$ 3.421,25
5	Instalacion de tuberia de 6" incluye empates, materiales y mano de obra	m	\$ 12,40	60	\$ 744,00
6	Instalacion de tuberia de 8" incluye empates, materiales y mano de obra	m	\$ 19,86	40	\$ 794,40
7	Conformacion y compactacion de la subrazante (equipo pesado)	m2	\$ 1,40	1585	\$ 2.219,00
8	Sub base clase III pasane 3" (75mm) E=15cm	m3	\$ 21,96	238	\$ 5.226,48
9	Base clase 1A 2" (50 mm) E=15cm	m3	\$ 24,63	238	\$ 5.861,94
10	Capa de rodadura asfalto E=5cm	m3	\$ 161,63	80	\$ 12.930,40
Total					\$ 41.250,88

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Mediante el análisis de la encuesta realizada a la muestra de 400 personas tomadas de una población de 2171 personas usuarias de bicicletas al día en la ciudad de Quito, analizada por el software biogeme, empleando un modelo logit binomial se concluyó que, del total de la muestra, al analizar las 3 variables en conjunto el 57.59% de las personas están interesadas en el Pump Track, este resultado es alentador para el presente proyecto que estadísticamente tendrá una buena acogida.
- Se evidencio que tanto hombres como mujeres están interesados por igual en participar de esta propuesta planteada, siendo las personas a las que más atrae el proyecto las ubicadas en el rango de edad mayor a 30 años analizando las 3 variables en conjunto se evidencia que un 61.25% está interesado en el Pump Track.
- Se determino mediante ensayos físicos realizados en campo y con aplicación de fórmulas físicas, que la energía introducida por el ciclista en un speed bump dada por la mecánica completa de un bombeo será de 131.11 N que mediante los 44 speed bumps que posee la pista generara un total de 5768.7998 N lo cual es suficiente para recorrerla sin ningún tipo de aceleración externa ya que esta solo necesita la energía de 4432.2615 N para ser completada.
- Se diseño series de speed bumps con base de 4m y alturas de 0.4m ,0.45cm y 0.5m, peraltes con altura de 0.85 m y base de 1.8m, curvas de 14.29m de longitud que permitirán un recorrido seguro y admitirán velocidades máximas de 6.95m/s
- En base a los sectores analizados divididos en zona de pista y zonas de parqueaderos se diseñaron cunetas triangulares de hormigón de $f'c$ 180 kg/cm² de 0.15m de base y 0.10 m de altura con una pendiente del 5% para la zona de la pista de pump track y 0.2m de base, 0.2 de altura con una

pendiente del 3% para la zona de parqueaderos tomando una intensidad de lluvia máxima diaria de 2.95 mm/min con un tiempo de retorno de 25 años.

- Para la conducción de agua lluvia se utilizó una tubería de pvc con una pendiente mínima del 3% con una lámina de agua al 70 % de capacidad de la tubería, que requirió una tubería de 4” en la zona de la pista, 6” en la zona de conducción de los dos tramos de la pista, 6” en la zona de parqueaderos y 8” en la zona de unión de todos los tramos del proyecto.
- Debido a que el ingreso de la maquinaria no es posible para colocar la mezcla asfáltica caliente en la zona de la pista se utilizara una mezcla asfáltica en frio que ayudara a moldear la forma de está colocando un imprimante impermeabilizante bituminoso para estructuras asfálticas, para la zona de parqueaderos se usara una mezcla asfáltica en caliente que es ideal para ingresos y parqueaderos.
- Mediante el análisis de costos realizados en bases a las opciones planteadas se determinó que en la zona de parqueadero se debe realizar una estructura de pavimento flexible con espesores de 15 cm de subbase, 15 de base y 5 cm de capa de rodadura, en la zona de pump track al no tener cargas considerables la opción a elegir será una base de 10cm con un imprimante impermeabilizante bituminoso para estructuras asfálticas.

4.2. Recomendaciones

- Se debe tomar en cuenta que la encuesta debe ser lo más clara posible y con un número de preguntas aceptable para que no demande tiempo en exceso por lo cual se debe considerar el modelo que se va a utilizar y la metodología con la cual se va a procesar la encuesta.
- Debido al diseño de speed bumps, peraltes, curvas y transiciones se prevé determinar primordialmente el perfil horizontal de la pista para poder configurar un sistema geométrico eficiente que permita la inclusión de cada uno de los componentes que forman parte de la pista.
- Una vez evidenciado que el parqueadero será utilizado solo por vehículos livianos y en ciertas ocasiones por vehículos de tipo bus se recomienda compactar la subrasante al 95% de su humedad óptima, además de realizar ensayos de Proctor standard o Proctor modificado dependiendo de la maquinaria que vayan a utilizar para realizar la compactación.
- Después de realizar la compactación de la subrasante se recomienda que para la estructura del pavimento se utilicen los espesores mínimos ya que al tener un bajo tráfico de vehículos pesados y la mayoría de los vehículos serán livianos no se requiere un mayor espesor recalcando que en nuestro país los espesores mínimos utilizados son de 0.15m de subbase 0.15m de base y una capa de rodadura de no menos de 0.05m

5. BIBLIOGRAFÍA

(s.f.).

INSTITUTO DE DEPORTES Y RECREACIÓN DE MEDELLIN. (2020).

www.inder.gov.co. Obtenido de <https://www.inder.gov.co/es/node/760>

AASHTO . (1993). Guía para el diseño de estructura de pavimentos . *AASHTO*, Parte II.

AASHTO. (07 de Noviembre de 2021). *Transportation*. Obtenido de Transportation: <https://www.transportation.org/>

Angelone, S. (18 de Marzo de 2007). *Geología y Geotecnia* . Obtenido de Geología y

Geotecnia : chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.fceia.unr.edu.ar%2Fgeologiaygeotecnia%2FIdentificacion%2520y%2520Clasificacion%2520de%2520suelos_2007.pdf&clen=253861&chunk=true

Area Ciencias . (01 de Febrero de 2021). *Areaciencias*. Obtenido de Areaciencias:

<https://www.scribbr.es/detector-de-plagio/generador-apa/new/webpage/>

ASTM. (10 de Diciembre de 2021). *American Society for Testing and Materials*. Obtenido de American Society for Testing and Materials:

<https://compass.astm.org/document/?contentCode=ASTM%7CD1883-21%7Cen-US>

Autodesk. (22 de Septiembre de 2021). *Autodesk*. Obtenido de Autodesk:

<https://www.autodesk.com/products/civil-3d/site-design>

Bases Físicoquímicas . (31 de Enero de 2011). *Bases Físicoquímicas Farmacéutica* .

Obtenido de Bases Físicoquímicas Farmacéutica :

<https://basesfqfarmaceutica.wordpress.com/energia-y-trabajo/teoria/>

Berardo, M. G. (2017). *Manual de diseño geométrico vial*. Córdoba: Brujas.

Braja M. Das. (1998). *Principios de la ingeniería geotécnica*. Herson: Cengage Learning.

Bush, R., Hair, J., & Ortinau, D. (2010). *Investigación de mercados en un ambiente de información digital* . México: Mc Graw Hill.

CEMEX. (18 de Octubre de 2021). *Sub Base Granular*. Obtenido de Sub Base Granular:

<https://www.cemexcolombia.com/productos/agregados/sub-base-granular#:~:text=Es%20un%20material%20granular%20grueso, triturados%2C%20arena%20y%20material%20grueso.&text=Usos%20y%20aplicaciones%3A%20se, pavimentos%20asf%20C3%A1lticos%20y%20de%20concreto.>

Chang, L. (15 de Septiembre de 2005). *Universidad Nacional de Ingeniería* . Obtenido de Universidad Nacional de Ingeniería : chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fd1wqtxts1xzle7.cloudfront.net%2F43725911%2FCBR-with-cover-page-v2.pdf%3FExpires%3D1640021420%26Signature%3DMRjH~Hzf4aVhbdDwDFEwsuXinT1pQ5UiIfefxAIk7w7JsZKlv3kUoFZ119u76Yy

- CHIRIBOGA, J. (Febrero de 2014). *METODOLOGÍA DE ESTUDIO DE PREFERENCIAS DECLARADAS*. Quito, Pichincha, Ecuador: PUCE.
- CHOW, V. T. (1993). *Hidrología aplicada*. Illinois: D'VINNI.
- Claro. (19 de Marzo de 2021). *Claro.com*. Obtenido de Claro.com:
<https://www.claro.com.co/institucional/historia-del-ciclismo/>
- Cristobal, N. (15 de Marzo de 2013). *Scribd*. Obtenido de Scribd:
<https://www.scribd.com/doc/130553472/Tabla-Clasificacion-Sucs>
- Cromer, A. (2006). *Física en la ciencia y en la industria*. Barcelona: Reverté.
- El blog de Tuvalum. (25 de 09 de 2015). <https://tuvalum.com/>. Obtenido de <https://tuvalum.com/blog/diferentes-tipos-de-mountain-bike/>
- Fernandez, J. (21 de Diciembre de 2021). *FisicaLab*. Obtenido de FisicaLab:
<https://www.fisicalab.com/apartado/conservacion-momento-lineal>
- Fernández, J. (17 de Enero de 2022). *FisicaLab*. Obtenido de FisicaLab:
<https://www.fisicalab.com/apartado/mru>
- FIR. (01 de Febrero de 2021). *FIR vias y pavimentos*. Obtenido de FIR vias y pavimentos:
<https://www.farviasypavimentos.com/diferencias-entre-mezcla-asfalto-caliente-y-frio/#:~:text=Entre%20las%20propiedades%20m%C3%A1s%20relevantes,resistencia%20al%20deslizamiento%20y%20trabajabilidad.>
- Fisica Practica . (17 de Enero de 2022). *FisicaPractica*. Obtenido de FisicaPractica:
<https://www.fisicapractica.com/fuerzas-conservativas.php>
- García Martínez, R. (2017). *Como investigar en ciencias sociales*. México: Tillas.
- Garcia, A. (2015). DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO POR EL METODO AASHTO-93 EMPLEANDO EL SOFTWARE DISAASHTO-93. . *Universidad Militar Nueva Granada* , 3.
- Giles, R., Evett, J., & Liu, C. (1994). *Mecánica de los fluidos e hidraulica*. Madrid: McGraw-Hill.
- Grupo Bitafal . (22 de Mayo de 2020). *Bitafal*. Obtenido de Bitafal:
<https://bitafal.com.uy/conceptos-basicos-sobre-pavimentos-flexibles/#:~:text=El%20pavimento%20es%20el%20conjunto,a%20las%20cargas%20del%20tr%C3%A1fico.&text=En%20particular%20se%20le%20llaman,resistencia%20a%20la%20flexo%20tracci%C3%B3n.>
- Guachamín, F. (2015). DETERMINACIÓN DE ECUACIONES PARA EL CÁLCULO DE INTENSIDADES MÁXIMAS DE PRECIPITACIÓN INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA EQUIPO TÉCNICO 2015

DETERMINACIÓN DE ECUACIONES PARA EL CÁLCULO DE INTENSIDADES MÁXIMAS DE PRECIPITACIÓN.

- Guerrero, A. (20 de Noviembre de 2020). *El comercio*. Obtenido de El comercio: <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/quito-movilidad-bicicleta-ciclistas-incremento.html>
- Hewitt, P. (2007). *Fisica Conceptual*. Mexico: Pearson Educacion .
- Hinojosa, C. (07 de Junio de 2014). *Tecnocarreteras*. Obtenido de Tecnocarreteras: <https://www.scribbr.es/detector-de-plagio/generador-apa/new/webpage/>
- Holtz, R., Kovacs, W., & Sheahan, T. (An Introduction to Geotechnical Engineering). *An Introduction to Geotechnical Engineering*. USA: Pearson.
- Iglesias, C. (10 de Octubre de 2019). *Sports.com*. Obtenido de Sports.com: <https://www.newview-sports.com/2019/10/10/circuitos-pump-track-origenes-y-proyeccion-en-espana/>
- INAMHI. (2019). *DETERMINACIÓN DE ECUACIONES PARA EL CÁLCULO DE INTENSIDADES MÁXIMAS DE PRECIPITACIÓN INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA EQUIPO TÉCNICO 2015 DETERMINACIÓN DE ECUACIONES PARA EL CÁLCULO DE INTENSIDADES MÁXIMAS DE PRECIPITACIÓN*. Quito.
- Kocur, G. (1982). *GUIDE TO FORECASTING TRAVEL DEMAND WITH DIRECT UTILITY ASSESSMENT*. HANOVER, NH 03755: NATIONAL TECHNICAL INFORMATION SERVICE .
- Lopez, J. (20 de Septiembre de 2021). *Economipedia*. Obtenido de Economipedia: <https://www.scribbr.es/detector-de-plagio/generador-apa/new/webpage/>
- Miller, C., Heeren, V., & Hornsby, J. (2005). *Matemática: razonamiento y aplicaciones*. Puerto Rico: Pearson Educación.
- Mitsubishi Motors. (20 de Junio de 2017). *www.mitsubishi-motors.com*. Obtenido de <https://mitsubishi-motors.com.co/blog/2017/06/20/conoce-los-diferentes-tipos-de-bicicleta-y-para-que-es-cada-una/>
- MontenBaik. (04 de Abril de 2018). *RedBull*. Obtenido de RedBull: <https://www.redbull.com/cl-es/bike-el-surgimiento-de-los-pump-tracks>
- Namakforoosh, M. N. (2000). *Metodología de la investigación*. Méxio: Noriega.
- Nave, O. (15 de Marzo de 2017). *Hyperphysics*. Obtenido de Hyperphysics: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/freeb.html>
- NEVI-12-MTOP. (2013). NEVI-12-MTOP. *NORMA ECUATORIANA VIAL*, 1028.
- Núñez, V., & Ávila, C. (2021). *ANÁLISIS DE LA DEMANDA DEL USO DE LA BICICLETA COMO TRANSPORTE ALTERNATIVO EN EL SECTOR FINANCIERO DE LA CIUDAD DE QUITO, POR EFECTO DE ENFERMEDADES INFECTOCONTAGIOSAS (COVID-19) EMPLEANDO EL*

MODELO LOGIT MULTINOMIAL A TRAVÉS DEL SOFTWARE BIOGEME.
Quito.

- ONU AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN. (1990). *Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas*. Roma: FAO.
- Ortúzar, J. (2012). *Modelos de demanda de transporte*. Chile: Universidad Católica de Chile.
- Ortuzar, J., & Willusmen, L. (2008). *Modelos de Transporte*. Madrid: PubliCan.
- quieroserdeportista. (24 de 09 de 2021). *quieroserdeportista.com*. Obtenido de <https://quieroserdeportista.com/downhill/>
- RAE. (2020). *DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA*. MADRID.
- RAMÍREZ, V. X. (2010). *UTILIZACION DE ESCORIAS IDERURGICAS PARA EL MEJORAMIENTO DE MEZCLAS ASFALTICAS*. QUITO, PICHINCHA, ECUADOR: PUCE.
- Rincón Villalba, M. A., Ernesto, V., & Carlos, G. (2017). *Topografía Conceptos y Aplicaciones*. Bogotá: Ecoe.
- Ruiz, A. (2008). *Acueductos, cloacas y drenajes*. Caracas: UCAB.
- Sánchez Herrera, J. (2009). *Imagen Corporativa*. Madrid: ESIC.
- sialdeporte. (15 de Agosto de 2018). *sialdeporte*. Obtenido de sialdeporte: <http://sialdeporte.com/c-ciclismo/ciclismo-de-pista/>
- SNIP. (2015). Pautas metodologicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulacion y evaluacion social de proyectos de inversion publica de carreteras . *Ministerio de economia y finanzas* , 15.
- Somenson, H. (2015). *Estudio y proyecto de puentes de hormigón armado*. Ediciones Diaz de Santos.
- Staff, A. (23 de Octubre de 2009). *Adventure Sport Journal*. Obtenido de <https://adventuresportsjournal.com/pumpin-an-introduction-to-the-world-of-pump-tracks/>
- UDLAP. (17 de Julio de 2020). *UDLAP-MX*. Obtenido de UDLAP-MX: www.catarina.udlap.mx
- Valcarce, A. (15 de Octubre de 2014). *Pontificia Universidad Catolica de Chile*. Obtenido de Pontificia Universidad Catolica de Chile: chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcgclclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.astro.puc.cl%2F~avalcarc%2FFIS109A%2F16_Torque.pdf&cLen=380837&chunk=true
- Velosolutions. (19 de Enero de 2021). *Velosolutions.com*. Obtenido de Velosolutions.com: <https://velosolutions.com/es/pump-track-races/>

VISE. (09 de Noviembre de 2021). *VISE*. Obtenido de VISE:
<https://blog.vise.com.mx/funciones-de-las-capas-de-un-pavimento>

Westreicher, G. (20 de Octubre de 2020). *Economipedia*. Obtenido de Economipedia:
<https://www.scribbr.es/detector-de-plagio/generador-apa/new/webpage/>

6. Anexos

ANÁLISIS DE ACEPTACIÓN DE OPCIONES

Encuesta de preferencias reveladas

Nombre y Apellido

Edad

Sexo

Encuesta de preferencias declaradas



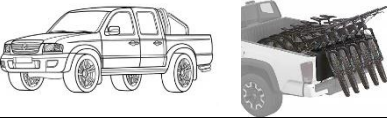
Suponga que usted va a probar una nueva posibilidad de deporte relacionado con la bicicleta, y esta atracción se encuentra ubicada en el sector de Lloa al sur de la ciudad de Quito, tomando en cuenta las siguientes descripciones gráficas de los deportes a proponer, seleccione el deporte que le interesaría realizar **“AL FINAL DE CADA ESCENARIO EN LAS CASILLAS PROPUESTAS”** .

Pump track




Down Hill / Enduro



Escenario 1	Pump Track 	Down Hill / Enduro 	
	Costo equipamiento 	150-250 (dólares)	750-1000(dólares)
	Costo de entrada y uso de pista 	10 (dólares)	15(dólares)
	Disponibilidad para acceder a la pista 	Transporte Privado	Transporte Privado






Marca con una X solo una casilla por fila

	Pump Track	Down Hill / Enduro
Tipo de deporte		

Escenario 2	Pump Track 	Down Hill / Enduro 	
	Costo equipamiento 	150-250 (dólares)	750-1000(dólares)
	Costo de entrada y uso de pista 	15 (dólares)	20(dólares)
	Disponibilidad para acceder a la pista 	Transporte Privado	Transporte Privado






Marca con una X solo una casilla por fila

	Pump Track	Down Hill / Enduro
Tipo de deporte		

Escenario 3	Pump Track 	Down Hill / Enduro 	
	Costo equipamiento 	150-250 (dólares)	750-1000(dólares)
	Costo de entrada y uso de pista 	20 (dólares)	25(dólares)
	Disponibilidad para acceder a la pista 	Transporte Publico	Transporte Publico





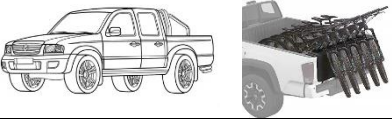
Marca con una X solo una casilla por fila

	Pump Track	Down Hill / Enduro
Tipo de deporte		

Escenario 4	Pump Track 	Down Hill / Enduro 	
	Costo equipamiento 	251-600 (dólares)	1001-1800(dólares)
	Costo de entrada y uso de pista 	10 (dólares)	15(dólares)
	Disponibilidad para acceder a la pista 	Transporte Publico	Transporte Publico

Marca con una X solo una casilla por fila

	Pump Track	Down Hill / Enduro
Tipo de deporte		

Escenario 5	Pump Track 	Down Hill / Enduro 	
	Costo equipamiento 	251-600 (dólares)	1001-1800(dólares)
	Costo de entrada y uso de pista 	15 (dólares)	20 (dólares)
	Disponibilidad para acceder a la pista 	Transporte Privado	Transporte Privado




Marca con una X solo una casilla por fila

	Pump Track	Down Hill / Enduro
Tipo de deporte		

Escenario 6	Pump Track 	Down Hill / Enduro 	
	Costo equipamiento 	251-600 (dólares)	1001-1800(dólares)
	Costo de entrada y uso de pista 	20 (dólares)	25 (dólares)
	Disponibilidad para acceder a la pista 	Transporte Privado	Transporte Privado





Marca con una X solo una casilla por fila

	Pump Track	Down Hill / Enduro
Tipo de deporte		

<h1>Escenario 7</h1>	Pump Track 	Down Hill / Enduro 	
	Costo equipamiento 	601-1200 (dólares)	1801-3000(dólares)
	Costo de entrada y uso de pista 	10 (dólares)	15(dólares)
	Disponibilidad para acceder a la pista 	Transporte Privado	Transporte Privado

Marca con una X solo una casilla por fila

	Pump Track	Down Hill / Enduro
Tipo de deporte		

<h1>Escenario 8</h1>	Pump Track 	Down Hill / Enduro 	
	Costo equipamiento 	601-1200 (dólares)	1801-3000 (dólares)
	Costo de entrada y uso de pista 	15 (dólares)	20 (dólares)
	Disponibilidad para acceder a la pista 	Transporte Publico	Transporte Publico

Marca con una X solo una casilla por fila

	Pump Track	Down Hill / Enduro
Tipo de deporte		

<p style="text-align: center;">Escenario 9</p>	<p style="text-align: center;">Pump Track</p> 	<p style="text-align: center;">Down Hill / Enduro</p> 
<p style="text-align: center;">Costo equipamiento</p> 	<p style="text-align: center;">601-1200 (dólares)</p>	<p style="text-align: center;">1801-3000(dólares)</p>
<p style="text-align: center;">Costo de entrada y uso de pista</p> 	<p style="text-align: center;">20 (dólares)</p>	<p style="text-align: center;">25 (dólares)</p>
<p style="text-align: center;">Disponibilidad para acceder a la pista</p> 	<p style="text-align: center;">Transporte Privado</p>	<p style="text-align: center;">Transporte Privado</p>

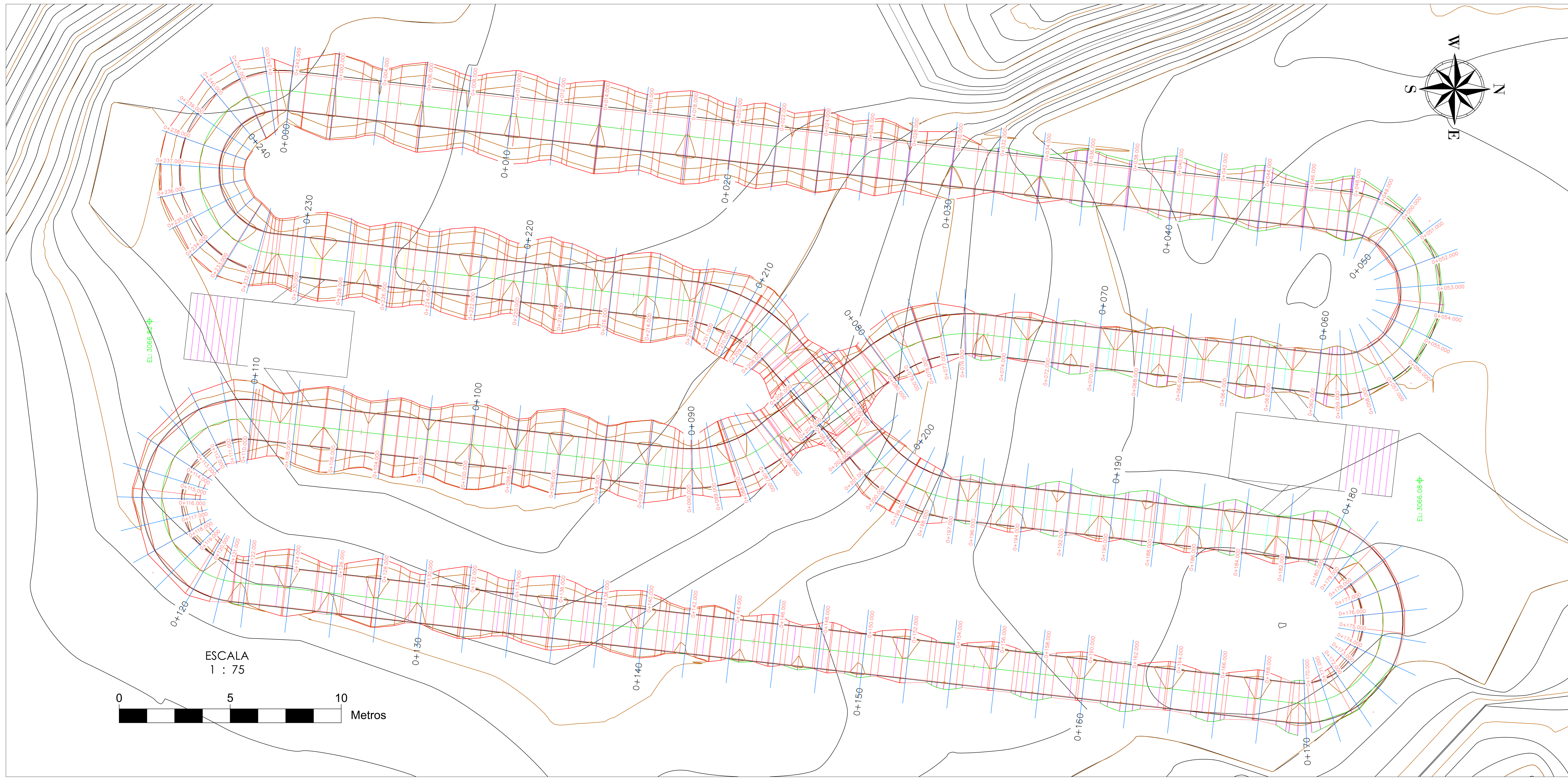
Marca con una X solo una casilla por fila

	Pump Track	Down Hill / Enduro
Tipo de deporte		

Firma

Gracias por su tiempo

PISTA PUMPTRACK



UBICACION GEOGRAFICA

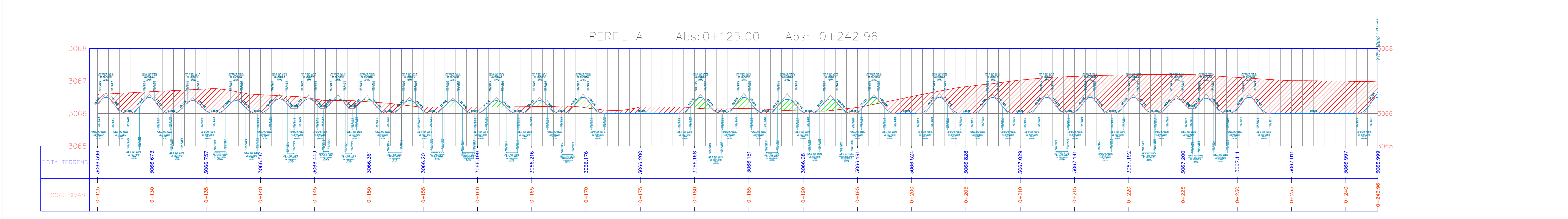
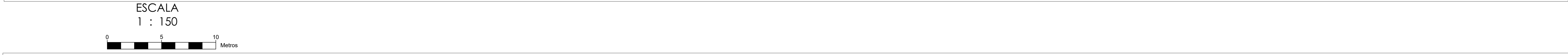
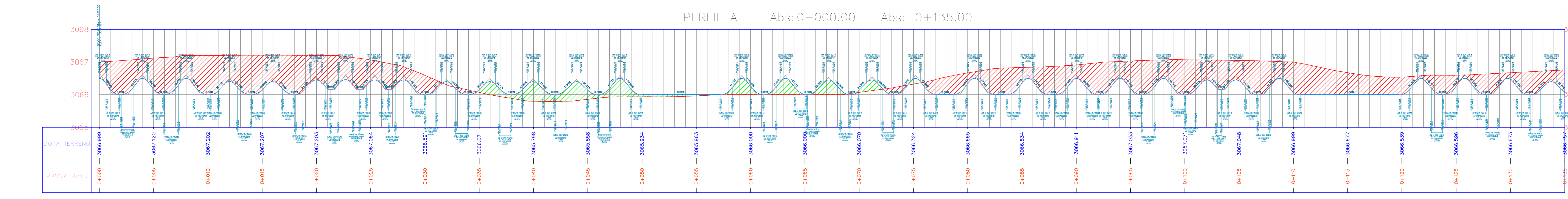
REFERENCIA S/E: CARTOGRAFIA 1: 5000 D.M.W.G.

TESIS CRIOLLO SOLANO
PISTA PUMP TRACK WAWA BIKE PARK

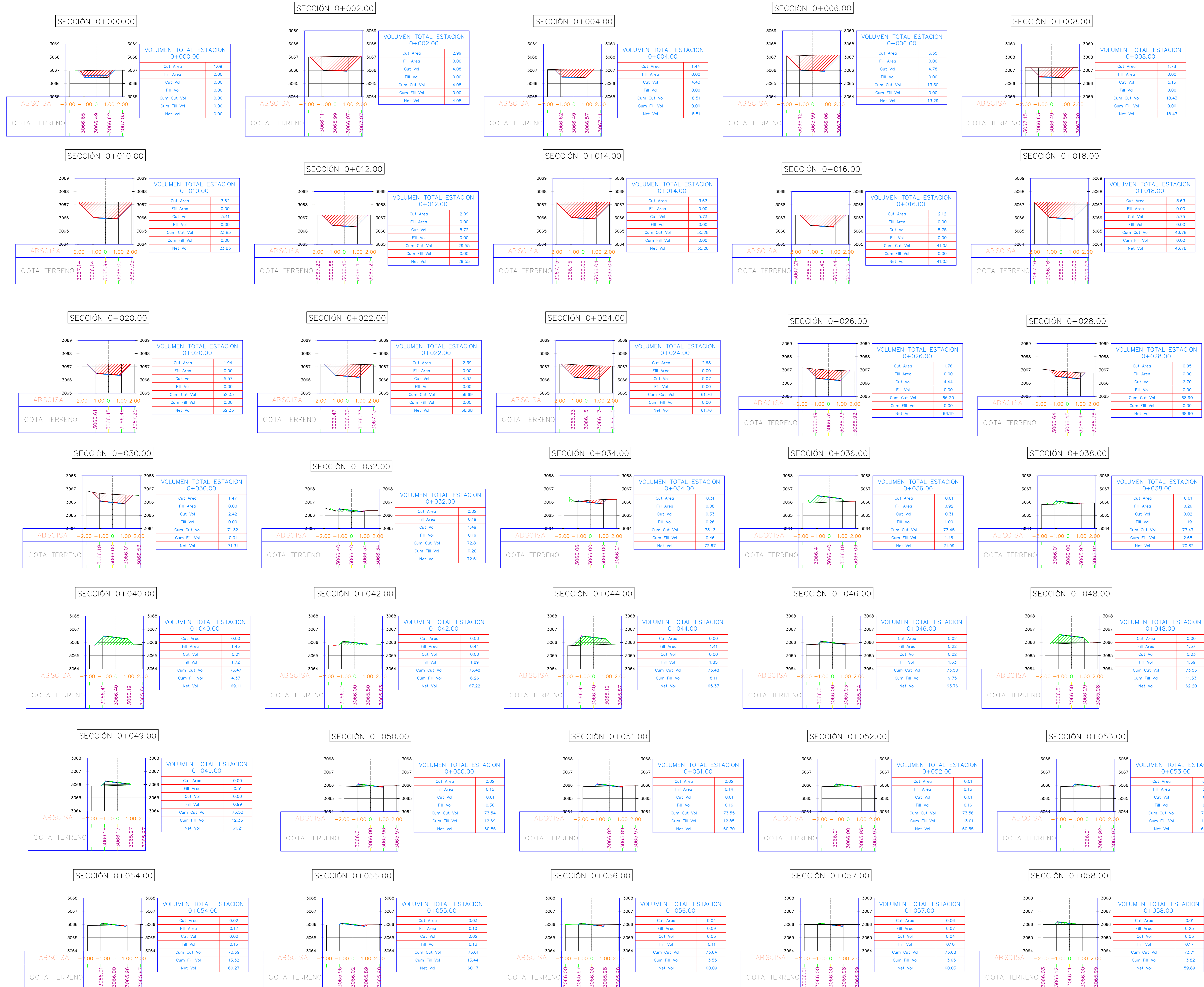
ÁREA A INTERVENIR = 1405.5 M2

CONTIENE: PISTA IMPLANTADA
PERFILES LONGITUDINALES

UBICACION: PARROQUIA LLOA BARRIO LLOA	SISTEMA DE COORDENADAS: TM QUITO DATUM WCS 84
CLAVE CATASTRAL: 30715 05 001	NÚMERO DEL PREDIO: 5026272
REVISADO POR:	RESPONSABLES: CRIOLLO MENDOZA GERMAN ISRAEL
ESCALA: INDICADAS	FECHA: FEBRERO/2022
LÁMINA: 1 / 8	
TEMA: PLANOS TRABAJO DE TITULACIÓN Diseño de pistas para Ciclismo Extremo. Caso de estudio: Proyecto "Wawa bikepark", en el sector de Lloa.	
SELLOS MUNICIPALES:	



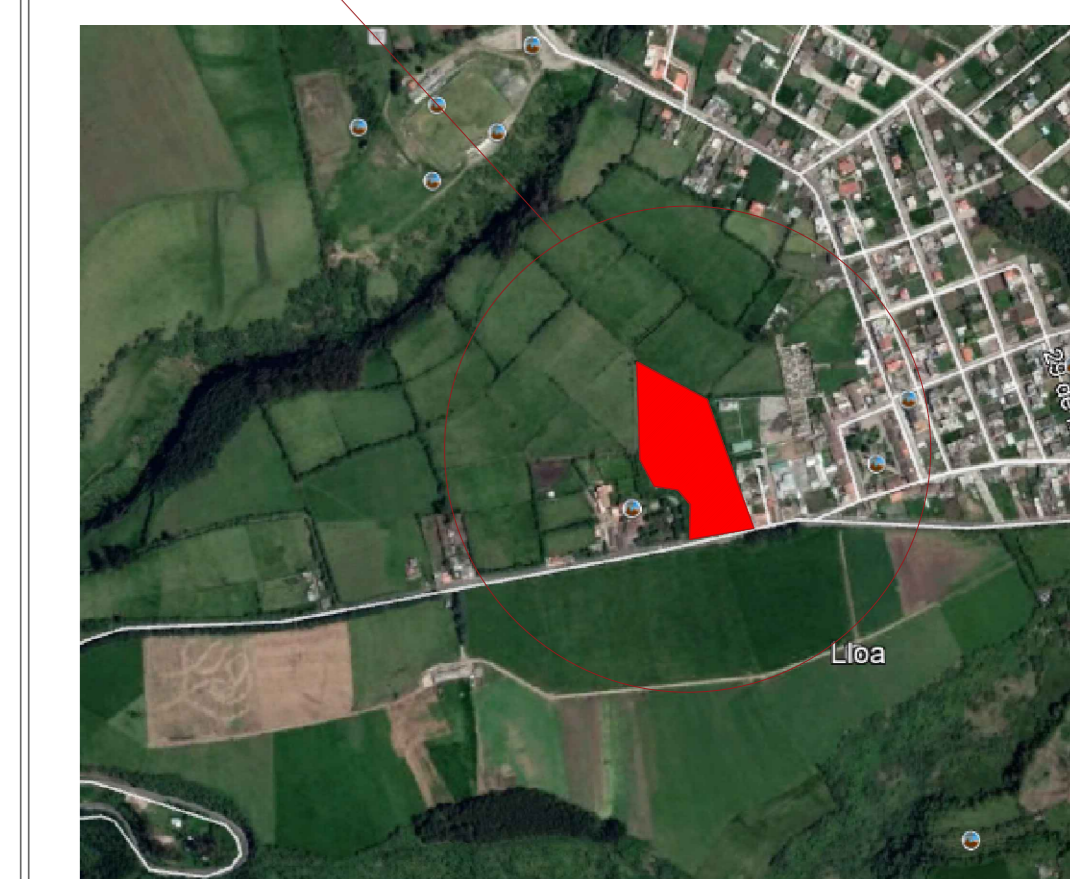
SECCIONES TRANSVERSALES



ESCALA 1 : 100



UBICACION GEOGRAFICA



REFERENCIA S/E/L CARTOGRAFIA 1: 5000 D.M.W.G.

TESIS CRIOLLO SOLANO
PISTA PUMP TRACK WAWA BIKE PARK

ÁREA A INTERVENIR = 1405.5 M2



CONTIENE: SECCIONES TRANSVERSALES
TABLAS DE VOLUMENES

UBICACION: PARROQUIA LLOA BARRIO LLOA SISTEMA DE COORDENADAS: TM QUITO DATUM WCS 84

CLAVE CATASTRAL: 30715 05 001 NUMERO DEL PREDIO: 5026272

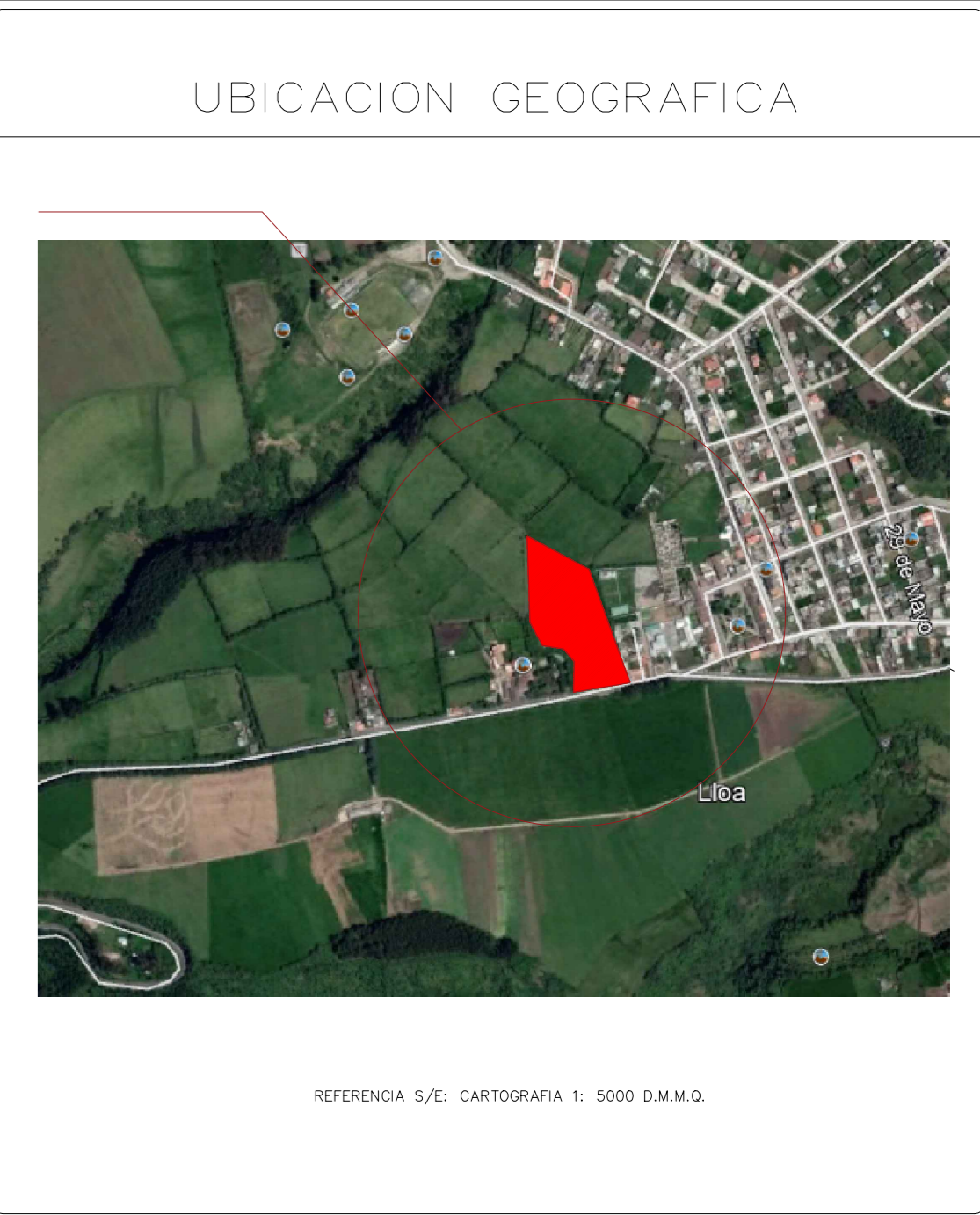
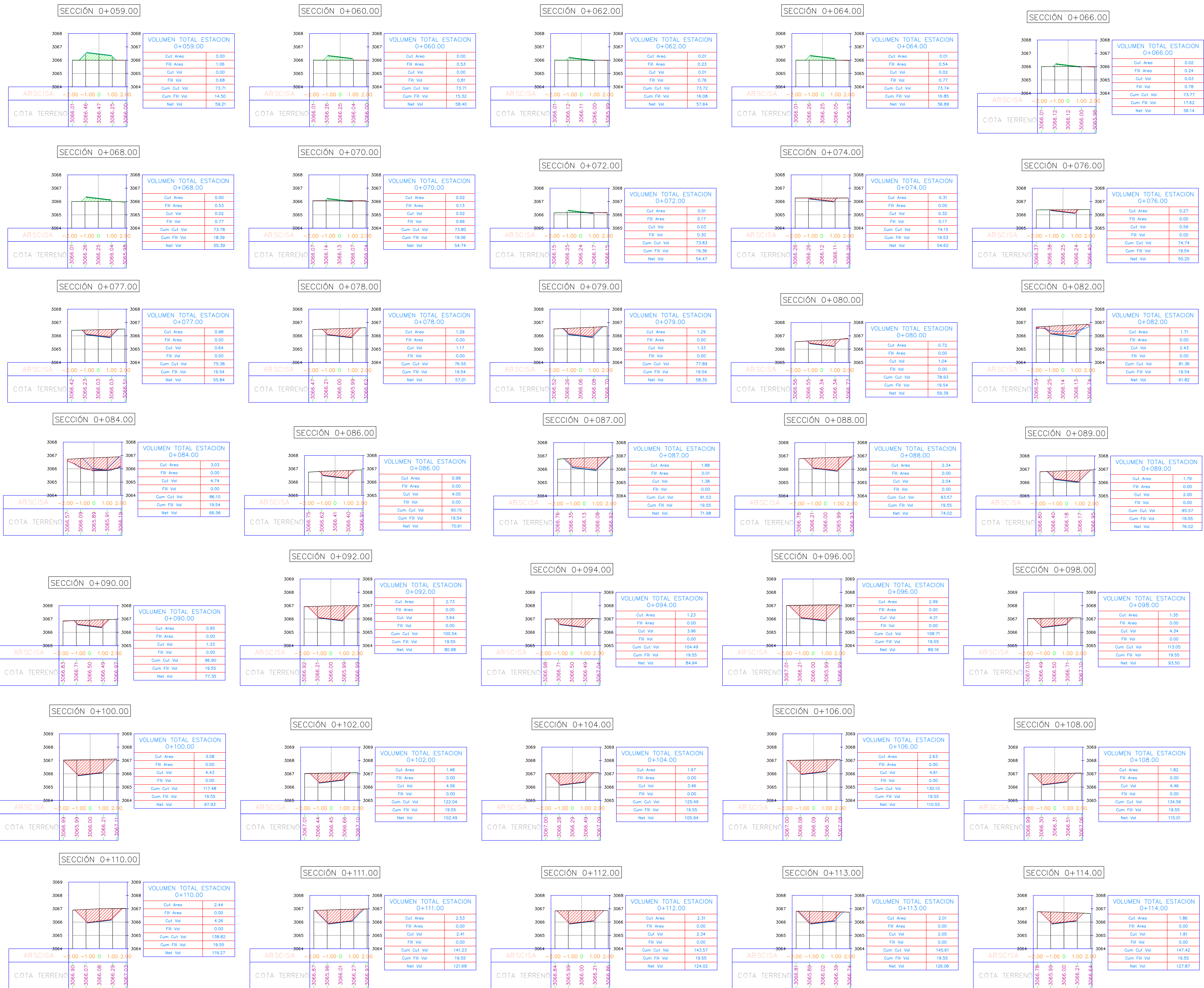
REVISADO POR: RESPONSABLES:
CRIOLLO MENDOZA GERMAN ISRAEL
SOLANO VINUEZA GEOVANNY ALEXANDER

ESCALA: INDICADAS FECHA: FEBRERO/2022 LAMINA: 2 / 8

TEMA: PLANOS TRABAJO DE TITULACION
Diseño de pistas para Ciclismo Extremo. Caso de estudio: Proyecto "Wawa bikepark", en el sector de Lloa.

SELLOS MUNICIPALES:

SECCIONES TRANSVERSALES



TESIS CRIOLLO SOLANO
PISTA PUMP TRACK WAWA BIKE PARK

ÁREA A INTERVENIR = 1405.5 M²



CONTIENE: SECCIONES TRANSVERSALES
TABLAS DE VOLUMENES

UBICACION: PARROQUIA LLOA BARRIO LLOA SISTEMA DE COORDENADAS: TM QUITO DATUM WCS 84

CLAVE CATASTRAL: 30715 05 001 NUMERO DEL PREDIO: 5026272

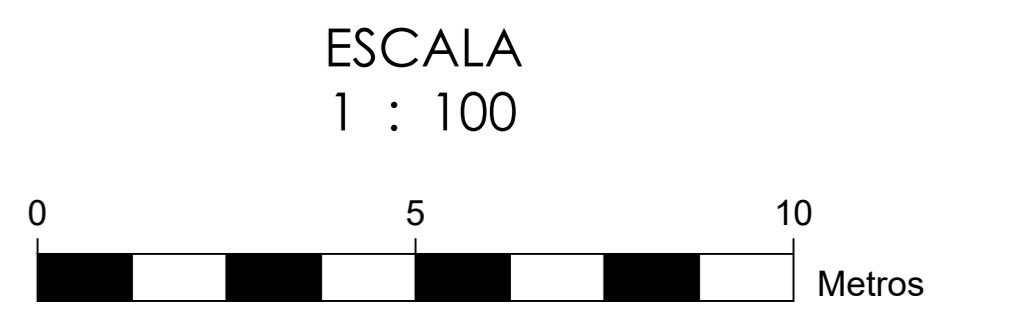
REVISADO POR: RESPONSABLES:
CRIOLLO MENDOZA GERMAN ISRAEL
SOLANO VINUEZA GEOVANNY ALEXANDER

ESCALA: INDICADAS FECHA: FEBRERO/2022 LAMINA: 3 / 8

TEMA: PLANOS TRABAJO DE TITULACION
Diseño de pistas para Ciclismo Extremo. Caso de estudio: Proyecto "Wawa bikepark", en el sector de Lloa.

SELLOS MUNICIPALES:

SECCIONES TRANSVERSALES



UBICACION GEOGRAFICA

REFERENCIA S/EL CARTOGRAFIA 1: 5000 D.M.W.G.

TESIS CRIOLLO SOLANO
PISTA PUMP TRACK WAWA BIKE PARK

ÁREA A INTERVENIR = 1405.5 M2

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

CONTIENE: SECCIONES TRANSVERSALES
TABLAS DE VOLUMENES

UBICACION: PARROQUIA LLOA BARRIO LLOA SISTEMA DE COORDENADAS: TM QUITO DATUM WCS 84

CLAVE CATASTRAL: 30715 05 001 NUMERO DEL PREDIO: 5026272

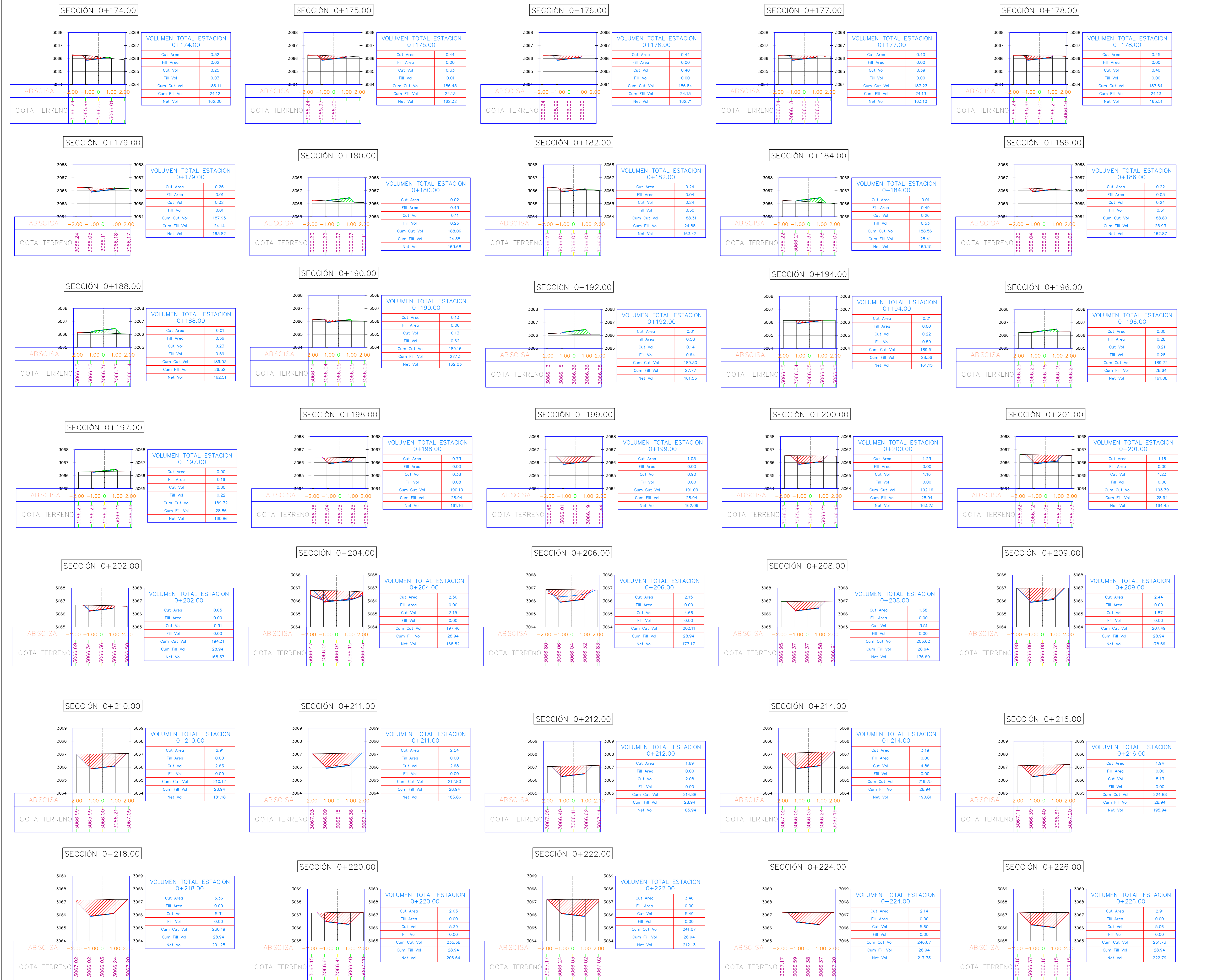
REVISADO POR: RESPONSABLES: CRIOLLO MENDOZA GERMAN ISRAEL SOLANO VINUEZA GEOVANNY ALEXANDER

ESCALA: INDICADAS FECHA: FEBRERO/2022 LAMINA: 4 / 8

TEMA: PLANOS TRABAJO DE TITULACION
Diseño de pistas para Ciclismo Extremo. Caso de estudio: Proyecto "Wawa bikepark", en el sector de Lloa.

SELLOS MUNICIPALES:

SECCIONES TRANSVERSALES



TESIS CRIOLLO SOLANO
PISTA PUMP TRACK WAWA BIKE PARK

ÁREA A INTERVENIR = 1405.5 M2



CONTIENE: SECCIONES TRANSVERSALES
TABLAS DE VOLUMENES

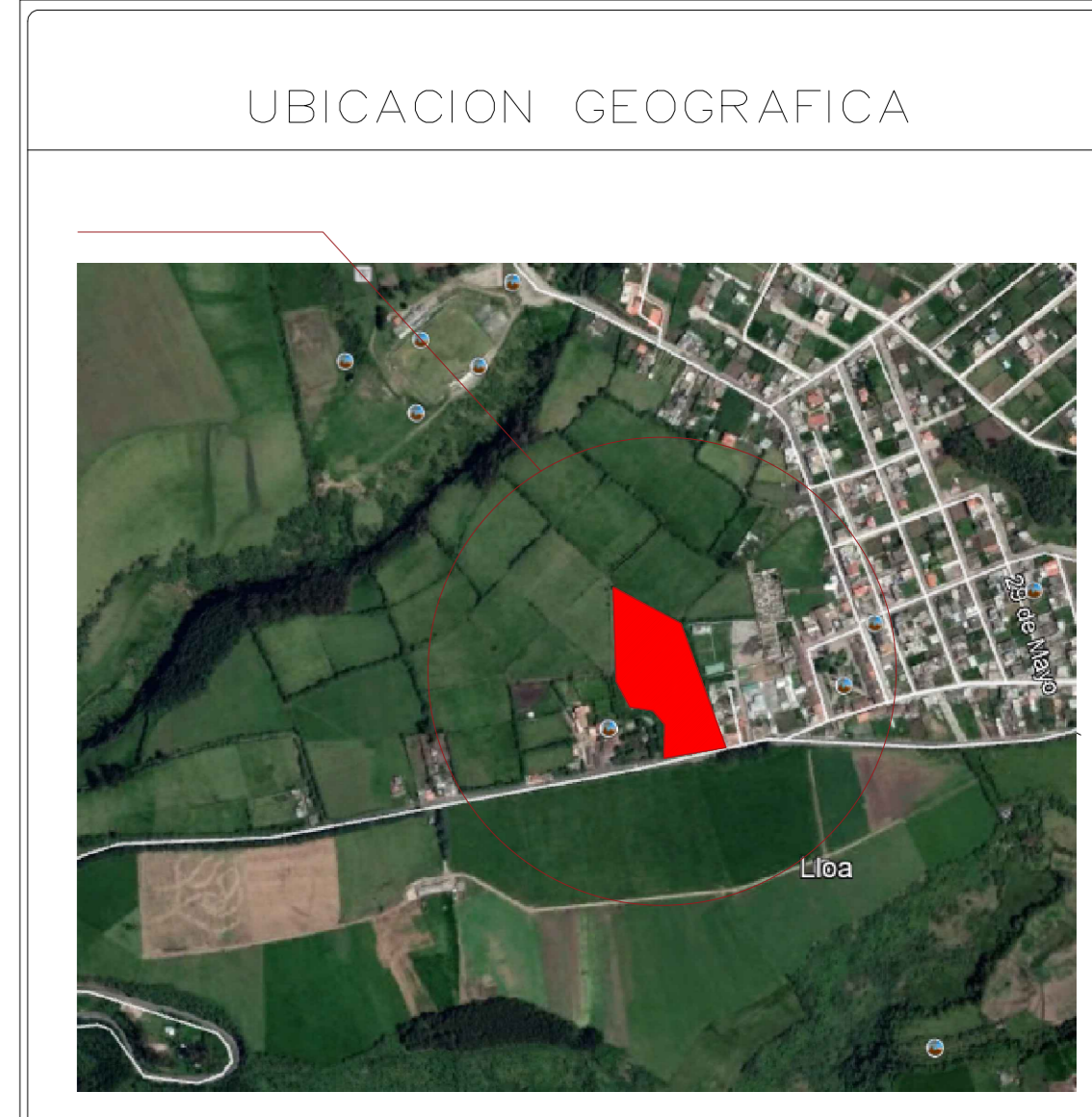
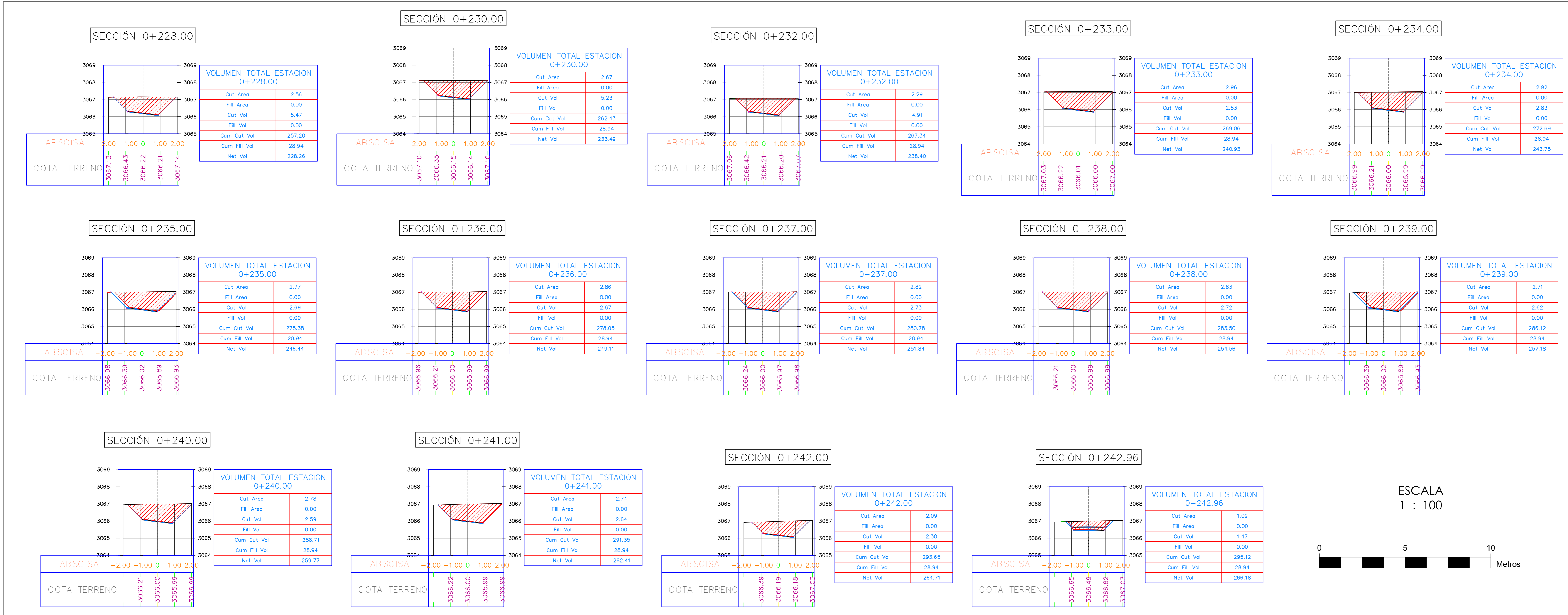
UBICACION: PARROQUIA LLOA BARRIO LLOA	SISTEMA DE COORDENADAS: TM QUITO DATUM WCS 84
CLAVE CATASTRAL: 30715 05 001	NUMERO DEL PREDIO: 5026272
REVISADO POR:	RESPONSABLES: CRIOLLO MENDOZA GERMAN ISRAEL SOLANO VINUEZA GEOVANNY ALEXANDER

ESCALA: INDICADAS FECHA: FEBRERO/2022 LAMINA: 5 / 8

TEMA:
PLANOS TRABAJO DE TITULACION
Diseño de pistas para Ciclismo Extremo. Caso de estudio:
Proyecto "Wawa bikepark", en el sector de Lloa.

SELLOS MUNICIPALES:

SECCIONES TRANSVERSALES



REFERENCIA S/E: CARTOGRAFIA 1: 5000 D.M.W.G.

TESIS CRIOLLO SOLANO
PISTA PUMP TRACK WAWA BIKE PARK

ÁREA A INTERVENIR = 1405.5 M²



CONTIENE: SECCIONES TRANSVERSALES
TABLAS DE VOLUMENES

UBICACION: PARROQUIA LLOA
BARRIO LLOA

SISTEMA DE COORDENADAS:
TM QUITO
DATUM WGS 84

CLAVE CATASTRAL: 30715 05 001

NÚMERO DEL PREDIO: 5026272

REVISADO POR:

RESPONSABLES:
CRIOLLO MENDOZA GERMAN ISRAEL
SOLANO VINUEZA GEOVANNY ALEXANDER

ESCALA: INDICADAS

FECHA: FEBRERO/2022

LÁMINA: 6 / 8

TEMAS:
PLANOS TRABAJO DE TITULACIÓN
Diseño de pistas para Ciclismo Extremo. Caso de estudio:
Proyecto "Wawa bikepark", en el sector de Lloa.

SELLOS MUNICIPALES:

Tabla de Materiales

0+000.00	1.09	0.00	0.00
0+010.00	1.09	0.00	0.00
0+020.00	1.44	4.81	8.51
0+030.00	3.35	4.78	13.30
0+040.00	1.78	5.13	18.43
0+050.00	3.81	1.88	16.16
0+060.00	2.09	5.72	28.55
0+070.00	3.83	5.73	38.29
0+080.00	2.12	5.20	41.23
0+090.00	3.83	5.75	46.78
0+100.00	1.94	5.57	53.35
0+110.00	2.58	4.21	56.89
0+120.00	2.68	5.07	61.75
0+130.00	1.76	4.44	66.20
0+140.00	0.95	2.70	68.90
0+150.00	1.47	4.42	73.23
0+160.00	0.02	1.48	72.81
0+170.00	0.31	0.33	73.13
0+180.00	0.01	0.20	73.49
0+190.00	0.01	0.01	73.47
0+200.00	0.00	0.00	73.48
0+210.00	0.00	0.00	73.48
0+220.00	0.00	0.00	73.48
0+230.00	0.00	0.00	73.48
0+240.00	0.00	0.00	73.48
0+250.00	0.00	0.00	73.48
0+260.00	0.00	0.00	73.48
0+270.00	0.00	0.00	73.48
0+280.00	0.00	0.00	73.48
0+290.00	0.00	0.00	73.48
0+300.00	0.00	0.00	73.48
0+310.00	0.00	0.00	73.48
0+320.00	0.00	0.00	73.48
0+330.00	0.00	0.00	73.48
0+340.00	0.00	0.00	73.48
0+350.00	0.00	0.00	73.48
0+360.00	0.00	0.00	73.48
0+370.00	0.00	0.00	73.48
0+380.00	0.00	0.00	73.48
0+390.00	0.00	0.00	73.48
0+400.00	0.00	0.00	73.48
0+410.00	0.00	0.00	73.48
0+420.00	0.00	0.00	73.48
0+430.00	0.00	0.00	73.48
0+440.00	0.00	0.00	73.48
0+450.00	0.00	0.00	73.48
0+460.00	0.00	0.00	73.48
0+470.00	0.00	0.00	73.48
0+480.00	0.00	0.00	73.48
0+490.00	0.00	0.00	73.48
0+500.00	0.00	0.00	73.48
0+510.00	0.00	0.00	73.48
0+520.00	0.00	0.00	73.48
0+530.00	0.00	0.00	73.48
0+540.00	0.00	0.00	73.48
0+550.00	0.00	0.00	73.48
0+560.00	0.00	0.00	73.48
0+570.00	0.00	0.00	73.48
0+580.00	0.00	0.00	73.48
0+590.00	0.00	0.00	73.48
0+600.00	0.00	0.00	73.48
0+610.00	0.00	0.00	73.48
0+620.00	0.00	0.00	73.48
0+630.00	0.00	0.00	73.48
0+640.00	0.00	0.00	73.48
0+650.00	0.00	0.00	73.48
0+660.00	0.00	0.00	73.48
0+670.00	0.00	0.00	73.48
0+680.00	0.00	0.00	73.48
0+690.00	0.00	0.00	73.48
0+700.00	0.00	0.00	73.48
0+710.00	0.00	0.00	73.48
0+720.00	0.00	0.00	73.48
0+730.00	0.00	0.00	73.48
0+740.00	0.00	0.00	73.48
0+750.00	0.00	0.00	73.48
0+760.00	0.00	0.00	73.48
0+770.00	0.00	0.00	73.48
0+780.00	0.00	0.00	73.48
0+790.00	0.00	0.00	73.48
0+800.00	0.00	0.00	73.48
0+810.00	0.00	0.00	73.48
0+820.00	0.00	0.00	73.48
0+830.00	0.00	0.00	73.48
0+840.00	0.00	0.00	73.48
0+850.00	0.00	0.00	73.48
0+860.00	0.00	0.00	73.48
0+870.00	0.00	0.00	73.48
0+880.00	0.00	0.00	73.48
0+890.00	0.00	0.00	73.48
0+900.00	0.00	0.00	73.48
0+910.00	0.00	0.00	73.48
0+920.00	0.00	0.00	73.48
0+930.00	0.00	0.00	73.48
0+940.00	0.00	0.00	73.48
0+950.00	0.00	0.00	73.48
0+960.00	0.00	0.00	73.48
0+970.00	0.00	0.00	73.48
0+980.00	0.00	0.00	73.48
0+990.00	0.00	0.00	73.48
0+1000.00	0.00	0.00	73.48

Tabla de Materiales

0+130.00	1.29	1.18	155.52
0+140.00	2.89	0.00	158.39
0+150.00	1.44	4.81	156.80
0+160.00	3.35	4.78	158.30
0+170.00	1.78	5.13	160.28
0+180.00	3.81	1.88	162.16
0+190.00	2.09	5.72	164.19
0+200.00	3.83	5.73	166.44
0+210.00	2.12	5.20	168.08
0+220.00	3.83	5.75	171.90
0+230.00	1.94	5.57	174.52
0+240.00	2.58	4.21	176.56
0+250.00	2.68	5.07	178.19
0+260.00	1.76	4.44	178.67
0+270.00	0.95	2.70	178.42
0+280.00	1.47	4.42	180.38
0+290.00	0.02	1.48	180.65
0+300.00	0.31	0.33	181.29
0+310.00	0.01	0.20	181.92
0+320.00	0.01	0.01	182.32
0+330.00	0.00	0.00	182.32
0+340.00	0.00	0.00	182.32
0+350.00	0.00	0.00	182.32
0+360.00	0.00	0.00	182.32
0+370.00	0.00	0.00	182.32
0+380.00	0.00	0.00	182.32
0+390.00	0.00	0.00	182.32
0+400.00	0.00	0.00	182.32
0+410.00	0.00	0.00	182.32
0+420.00	0.00	0.00	182.32
0+430.00	0.00	0.00	182.32
0+440.00	0.00	0.00	182.32
0+450.00	0.00	0.00	182.32
0+460.00	0.00	0.00	182.32
0+470.00	0.00	0.00	182.32
0+480.00	0.00	0.00	182.32
0+490.00	0.00	0.00	182.32
0+500.00	0.00	0.00	182.32
0+510.00	0.00	0.00	182.32
0+520.00	0.00	0.00	182.32
0+530.00	0.00	0.00	182.32
0+540.00	0.00	0.00	182.32
0+550.00	0.00	0.00	182.32
0+560.00	0.00	0.00	182.32
0+570.00	0.00	0.00	182.32
0+580.00	0.00	0.00	182.32
0+590.00	0.00	0.00	182.32
0+600.00	0.00	0.00	182.32
0+610.00	0.00	0.00	182.32
0+620.00	0.00	0.00	182.32
0+630.00	0.00	0.00	182.32
0+640.00	0.00	0.00	182.32
0+650.00	0.00	0.00	182.32
0+660.00	0.00	0.00	182.32
0+670.00	0.00	0.00	182.32
0+680.00	0.00	0.00	182.32
0+690.00	0.00	0.00	182.32
0+700.00	0.00	0.00	182.32
0+710.00	0.00	0.00	182.32
0+720.00	0.00	0.00	182.32
0+730.00	0.00	0.00	182.32
0+740.00	0.00	0.00	182.32
0+750.00	0.00	0.00	182.32
0+760.00	0.00	0.00	182.32
0+770.00	0.00	0.00	182.32
0+780.00	0.00	0.00	182.32
0+790.00	0.00	0.00	182.32
0+800.00	0.00	0.00	182.32
0+810.00	0.00	0.00	182.32
0+820.00	0.00	0.00	182.32
0+830.00	0.00	0.00	182.32
0+840.00	0.00	0.00	182.32
0+850.00	0.00	0.00	182.32
0+860.00	0.00	0.00	182.32
0+870.00	0.00	0.00	182.32
0+880.00	0.00	0.00	182.32
0+890.00	0.00	0.00	182.32
0+900.00	0.00	0.00	182.32
0+910.00	0.00	0.00	182.32
0+920.00	0.00	0.00	182.32
0+930.00	0.00	0.00	182.32
0+940.00	0.00	0.00	182.32
0+950.00	0.00	0.00	182.32
0+960.00	0.00	0.00	182.32
0+970.00	0.00	0.00	182.32
0+980.00	0.00	0.00	182.32
0+990.00	0.00	0.00	182.32
0+1000.00	0.00	0.00	182.32

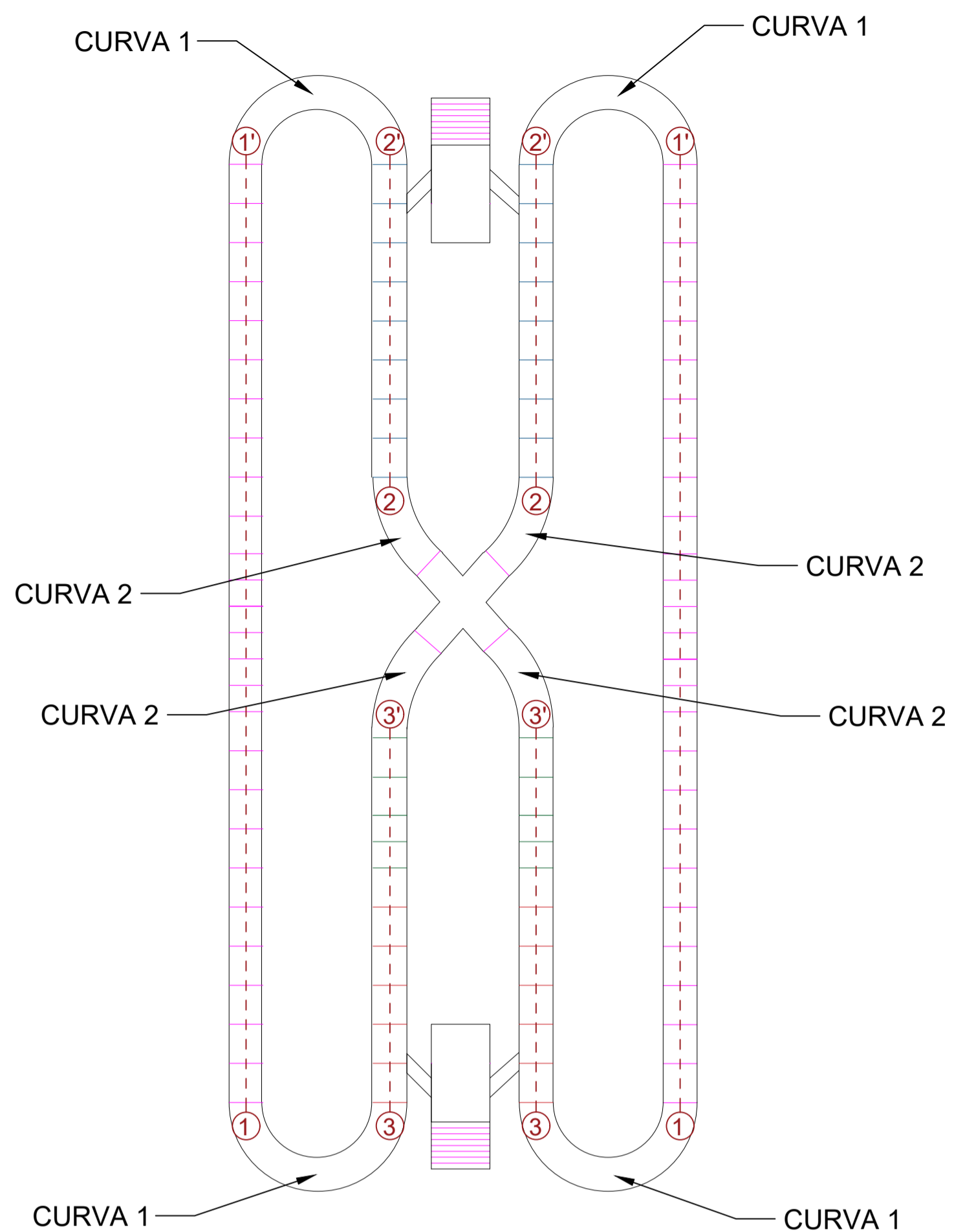
Tabla de Materiales

0+240.00	2.78	2.59	288.71
0+250.00	2.74	2.84	291.38
0+260.00	1.85	2.00	293.65
0+270.00	1.09	1.47	295.12

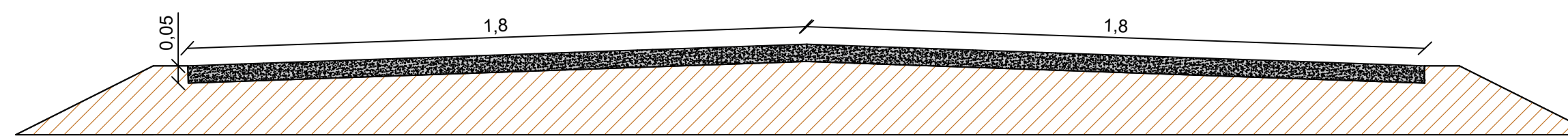
Tabla Total Volumenes

0+000.00	0.00	1.09	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	0.00	2.89	0.00	4.08	0.00	4.08
0+020.00	0.00	1.44	4.81	4.43	0.00	8.51
0+030.00	0.00	3.35	0.00	4.78	0.00	13.30
0+040.00	0.00	1.78	0.00	5.13	0.00	18.43
0+050.00	0.00	3.81	1.88	0.00	2.82	23.83
0+060.00	0.00	2.09	0.00	5.72	0.00	29.55
0+070.00	0.00	3.83	0.00	5.73	0.00	38.29
0+080.00	0.00	2.12	0.00	5.75	0.00	41.03
0+090.00	0.00	3.83	0.00	5.75	0.00	46.78
0+100.00	0.00	1.94	0.00	5.57	0.00	53.35
0+110.00	0.00	2.58	0.00	4.21	0.00	56.89
0+120.00	0.00	2.68	0.00	5.07	0.00	61.75
0+130.00	0.00	1.76	0.00	4.44	0.00	66.20
0+140.00	0.00	0.95	0.00	2.70	0.00	68.90
0+150.00	0.00	1.47	0.00	3.43	0.00	71.33
0+160.00	0.00	0.02	0.19	1.49	0.00	72.81
0+170.00	0.00	0.31	0.28	0.33	0.46	73.13
0+180.00	0.00	0.01	0.00	0.20	0.40	73.49
0+190.00	0.00	0.01	0.19	0.02	0.45	73.47
0+200.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	73.48
0+210.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	73.48
0+220.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	73.50
0+230.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.33	73.53
0+240.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.89	73.62
0+250.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.44	73.54
0+260.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.35	73.55
0+270.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.78	73.56
0+						

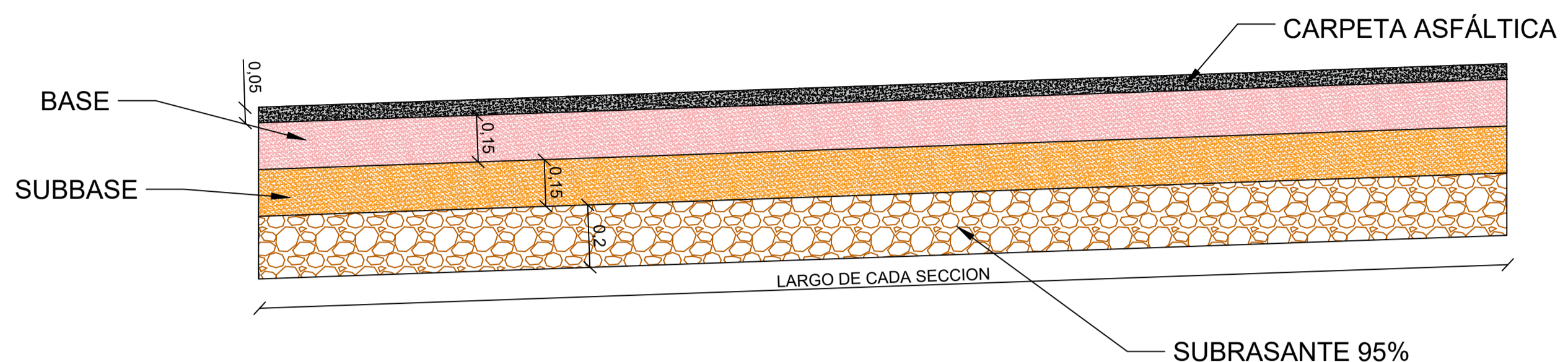
SECCIONES DE LA PISTA
ESCALA 1:200



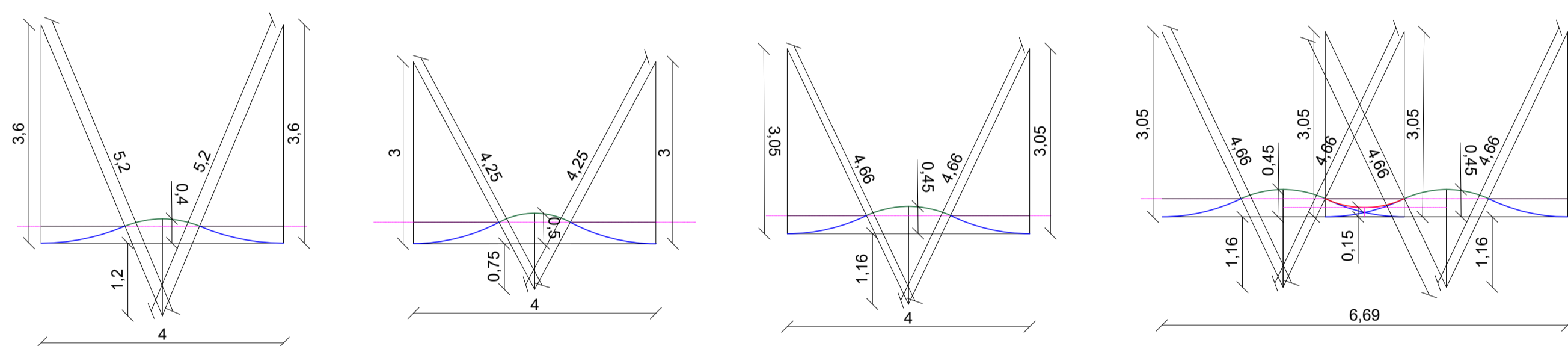
SECCION TRANSVERSAL TRAMO RECTO
ESCALA 1:15



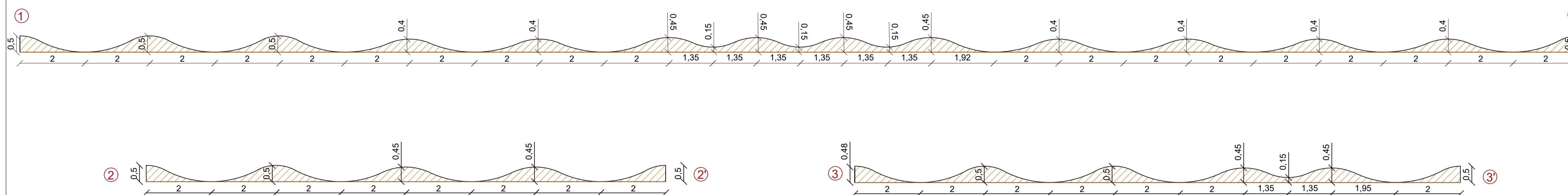
SECCION TRANSVERSAL TRAMO PARQUEADEROS
ESCALA 1:10



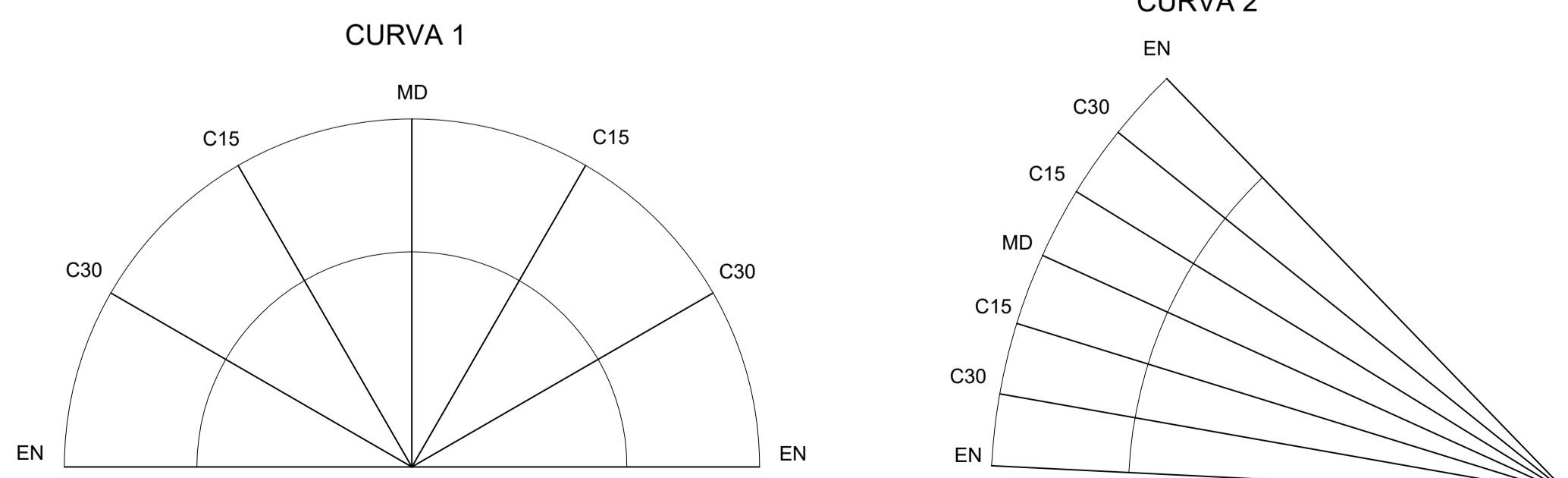
DETALLE SPEED BUMP
ESCALA 1:75



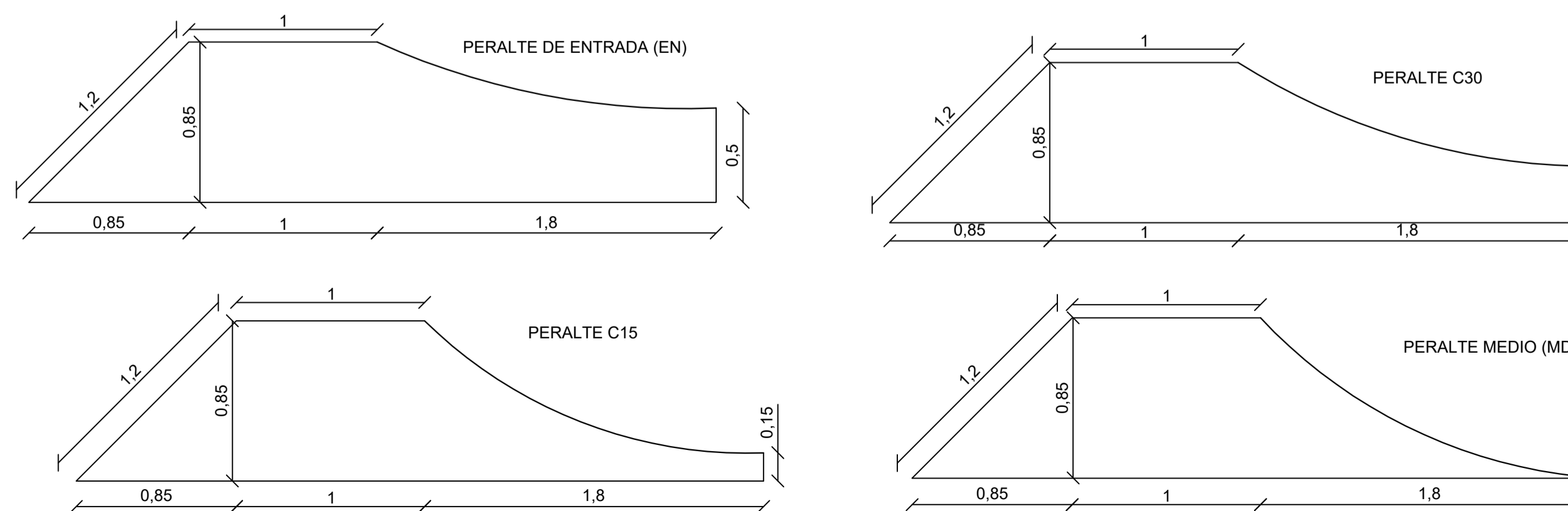
SECCIONES LONGITUDINALES DE LA PISTA
ESCALA 1:75



DETALLE DE CURVAS
ESCALA 1:75



DETALLE PERALTE DE CURVAS
ESCALA 1:25



UBICACION GEOGRAFICA



REFERENCIA S/E: CARTOGRAFIA 1: 5000 D.M.M.O.

TESIS CRIOLLO SOLANO
PISTA PUMP TRACK WAWA BIKE PARK

ÁREA A INTERVENIR = 1405.5 M2



CONTIENE: DETALLE SECCIONES LONGITUDINALES
DETALLE DE LA PISTA

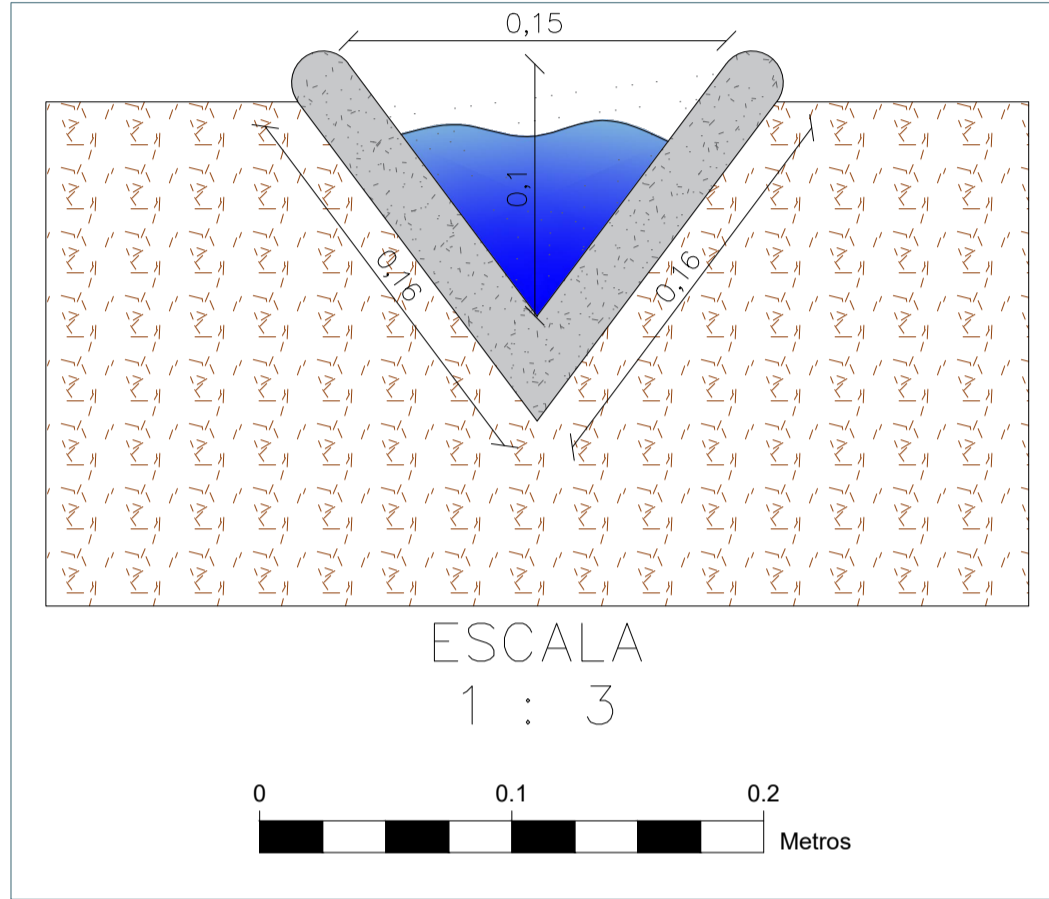
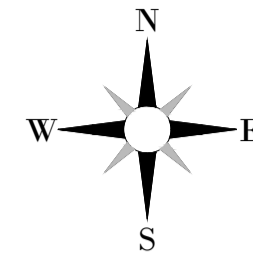
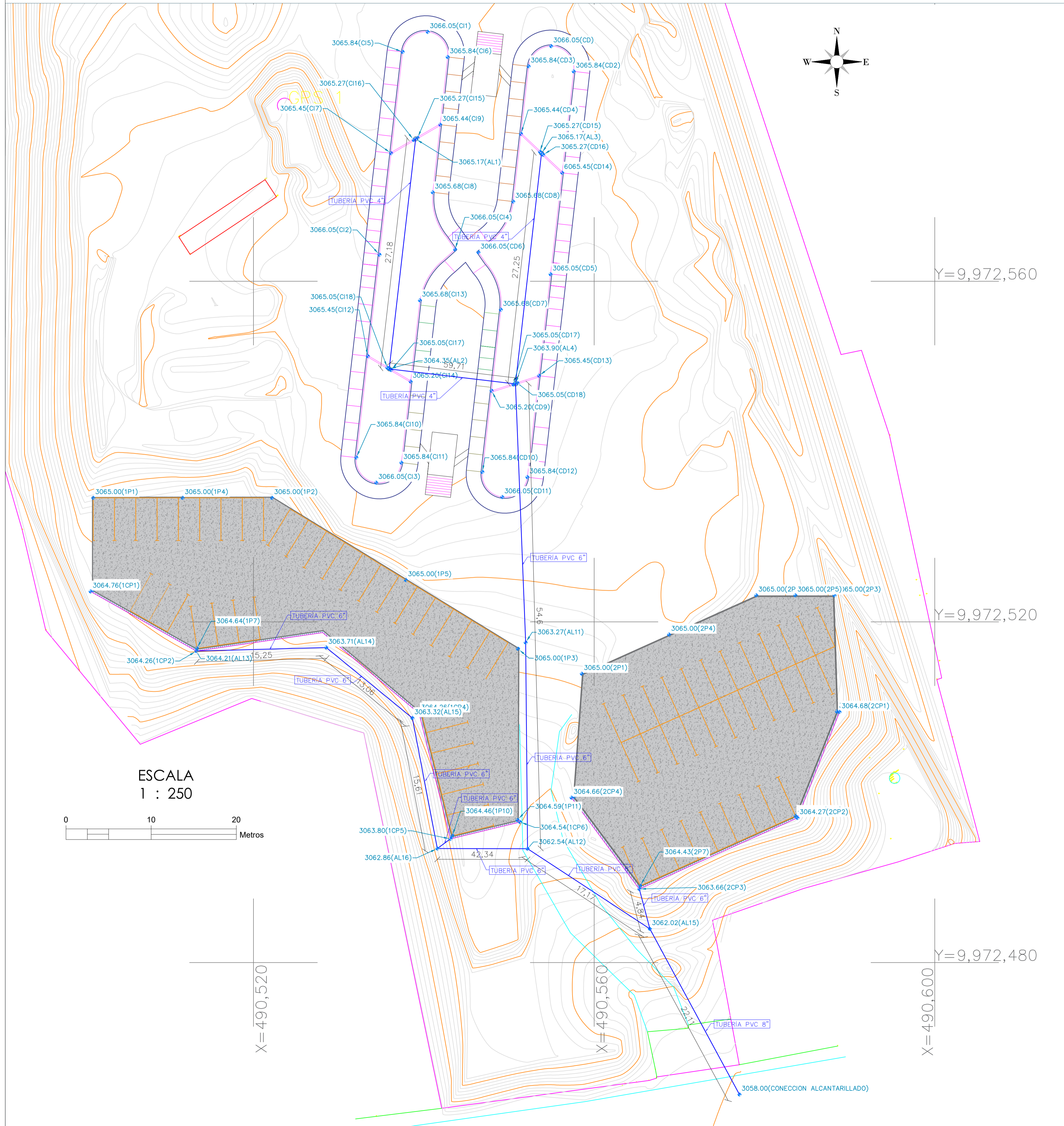
UBICACION: PARROQUIA LLOA BARRIO LLOA	SISTEMA DE COORDENADAS: TM QUITO DATUM WGS 84
CLAVE CATASTRAL: 30715 05 001	NUMERO DEL PREDIO: 5026272
REVISADO POR:	RESPONSABLES: CRIOLLO MENDOZA GERMAN ISRAEL SOLANO VINUEZA GEOVANNY ALEXANDER

ESCALA: INDICADAS	FECHA: FEBRERO/2022	LAMINA A1: 7 / 8
----------------------	------------------------	---------------------

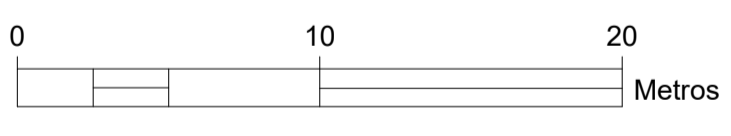
TEMA:
PLANOS TRABAJO DE TITULACIÓN
Diseño de pistas para Ciclismo Extremo. Caso de estudio:
Proyecto "Wawa bikepark", en el sector de Lloa.

SELLOS MUNICIPALES:

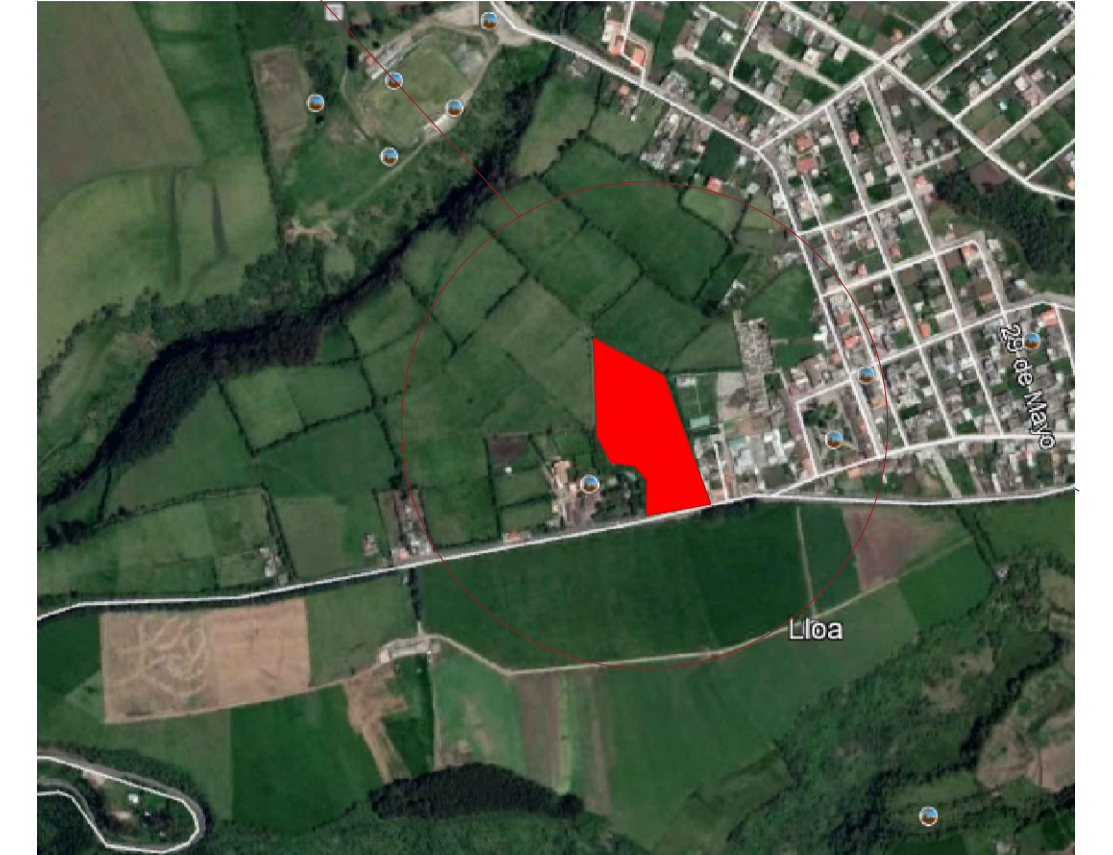
DETALLE HIDRÁULICO Y PARQUEADEROS



ESCALA
1 : 250



UBICACION GEOGRAFICA



REFERENCIA S/E: CARTOGRAFIA 1: 5000 D.M.M.O.

TESIS CRIOLLO SOLANO
PISTA PUMP TRACK WAWA BIKE PARK

ÁREA A INTERVENIR = 1405.5 M2



CONTIENE: DETALLE HIDRAULICO Y PARQUEADEROS
DETALLE DE CUNETAS

UBICACION: PARROQUIA LLOA BARRIO LLOA	SISTEMA DE COORDENADAS: TM QUITO DATUM WGS 84
---	---

CLAVE CATASTRAL: 30715 05 001	NUMERO DEL PREDIO: 5026272
----------------------------------	-------------------------------

REVISADO POR:	RESPONSABLES: CRIOLLO MENDOZA GERMAN ISRAEL
	SOLANO VINUEZA GEOVANNY ALEXANDER

ESCALA: INDICADAS	FECHA: FEBRERO/2022	LAMINA A1: 8 / 8
----------------------	------------------------	---------------------

TEMA:

PLANOS TRABAJO DE TITULACIÓN
Diseño de pistas para Ciclismo Extremo. Caso de estudio:
Proyecto "Wawa bikepark", en el sector de Lloa.

SELLOS MUNICIPALES: